



**Rédaction d'un cahier des charges pour la conception de vitrines  
pour les reliquaires de Sainte-Théodora au couvent de  
Madgenau, Saint-Gall**

Mémoire présenté par :

Zucchetti Gabriella

Pour l'obtention du

Bachelor of Arts HES-SO in Conservation-restoration  
Orientation objets scientifiques, techniques et horlogers

Année académique 2014-2015

Remise du travail : *20.07.2015*

Jury : *24-25.08.2015*

Nombre de pages : *111*



*« J'atteste que ce travail est le résultat de ma propre création et qu'il n'a été présenté à aucun autre jury que ce soit en partie ou entièrement. J'atteste également que dans ce texte toute affirmation qui n'est pas le fruit de ma réflexion personnelle est attribuée à sa source et que tout passage recopié d'une autre source est en outre placé entre guillemets. »*

Neuchâtel, le 19 juillet 2015

Gabriella Zucchetti

## Remerciements

La réalisation de ce travail de Bachelor a été possible grâce à la gentillesse et à la disponibilité de plusieurs personnes. Aussi, je souhaite témoigner toute ma reconnaissance à :

Madame Marianne Gächter, responsable bénévole des biens culturels du couvent de Magdenau et ma principale interlocutrice sur place. Je salue particulièrement le temps qu'elle a pris pour répondre de façon très complète à mes nombreuses questions, ainsi que son rôle dans l'organisation de mes visites à Magdenau.

Sœur Raphaëla, abbesse du couvent de Magdenau, pour m'avoir permis de travailler sur les reliquaires de l'institution cistercienne et pour son aimable accueil.

Sœur Assumpta, religieuse et archiviste du couvent cistercien, pour ses renseignements concernant les visites organisées et le projet de mise en vitrine de reliquaires. Je la remercie également pour ses accueils chaleureux et sa générosité.

Père Yvan, prêtre du couvent de Magdenau, pour des échanges très intéressants sur l'exposition des reliques et des reliquaires et pour le repas partagé à l'occasion d'une de mes visites.

Monsieur Ignaz Zimmermann, bénévole travaillant sur les archives et les biens culturels du couvent, pour son avis sur le projet des vitrines et pour ses informations sur l'organisation conventuelle de Magdenau.

Madame Denise Witshard, conservatrice-restauratrice du trésor de l'Abbaye de Saint-Maurice d'Agaune, pour l'accueil chaleureux dans son atelier, pour le partage de ses connaissances et de son expérience sur la conservation de l'argent et la mise en vitrine de reliquaires, ainsi que pour la visite de l'exposition à l'abbaye.

Madame Eléonore Kissel, responsable du pôle conservation-restauration du musée du Quai Branly à Paris, pour son cours de formation continue sur les vitrines donné à la Haute École Arc de Neuchâtel (HE-Arc).

Monsieur Thierry Jacot, consultant en conservation préventive et chargé de cours à la HE-Arc, pour son rôle de professeur référant dans mon travail de Bachelor, pour ses précieux conseils, pour son cours de formation continue sur les vitrines et pour la mise à disposition très appréciée de ressources documentaires traitant du thème des vitrines.

Monsieur Valentin Boissonnas, enseignant à la HE-Arc et principal intermédiaire entre l'école et le couvent cistercien, pour m'avoir présentée à Magdenau ainsi que pour ses recommandations pour mon travail de Bachelor.



Messieurs Régis Bertholon et Tobias Schenkel, respectivement responsable de la filière de conservation-restauration et enseignant à la HE-Arc, pour leur suivi de mon travail et leurs conseils avisés.

Madame Stéphanie Uldry, étudiante en Master à la HE-Arc, pour l'obligeance avec laquelle elle a partagé les informations et les photographies réalisées lors de traitements de conservation-restauration d'un reliquaire.

Monsieur Paul Güntensperger, responsable du département exportation de la société SYMA-SYSTEM AG, pour ses réponses concernant les vitrines et leurs spécificités techniques.

Monsieur Jean-Pierre Burgener, expert diplômé en construction techniverrière et responsable de la Société BURGENER SA à Genève, pour ses réponses et son expertise concernant les matériaux verriers.

Monsieur Luca Zucchetti, pour la gentillesse, le soutien et le temps accordé à la relecture de mon travail.

Madame Nicole Gütiger pour son aide à la traduction du résumé en allemand.

## Sommaire

Résumé .....	6
Abstract .....	7
Zusammenfassung .....	8
Introduction .....	9
1. Le projet de présentation des reliquaires de Sainte-Théodora au couvent de Magdenau .....	10
1.1 Le couvent de Magdenau et ses reliquaires .....	10
1.2 Pourquoi exposer les reliquaires de Sainte-Théodora en vitrine? .....	11
1.3 Le projet de présentation prévu pour les reliquaires .....	12
1.4 Les deux salles envisagées pour l'installation des vitrines .....	12
1.1.1. <i>Le Vestibule</i> .....	12
1.1.2. <i>L'église</i> .....	13
1.1.3. <i>La Pietà</i> .....	14
2. Présentation des trois reliquaires de Sainte-Théodora .....	15
2.1 Description des reliquaires de Sainte-Théodora .....	15
2.2 Qui est Sainte-Théodora et d'où proviennent ses reliques ? .....	18
2.3 Fonction, statut et valeurs culturelles des reliquaires de Sainte-Théodora .....	18
3. Les contraintes de conservation des reliquaires de Sainte-Théodora .....	21
3.1 Les sensibilités physico-chimiques des reliquaires .....	21
3.1.1 <i>Les matériaux inorganiques : l'argent, le verre et les fils métalliques</i> .....	21
3.1.2 <i>Les matériaux organiques : le bois peint et les textiles</i> .....	22
3.1.3 <i>Les matériaux organiques et inorganiques : les os et les dents</i> .....	24
3.1.4 <i>Les fragilités structurelles des reliquaires</i> .....	25
3.2 Les conditions de conservation souhaitées dans les vitrines .....	25
4. Description des conditions de conservation existantes au couvent .....	26
4.1 Analyse des risques préliminaire .....	26
4.2 Évaluation des conditions de conservation existantes par agent de dégradation .....	27
4.2.1 <i>Le climat</i> .....	27
4.2.2 <i>Les polluants atmosphériques</i> .....	31
4.2.3 <i>Les insectes</i> .....	34
4.2.4 <i>Les forces physiques</i> .....	34
4.2.5 <i>La lumière et les ultraviolets</i> .....	35
4.2.6 <i>Le vols et le vandalisme</i> .....	36
5. Cahier des charges pour la conception des vitrines .....	37
5.1 Projet d'exposition .....	37
5.1.1 <i>Type d'exposition projeté</i> .....	37

5.1.2	<i>Lieux d'exposition</i> .....	37
5.2	Contraintes et atouts des espaces d'exposition .....	37
5.2.1	<i>Spécificités géographiques générales</i> .....	37
5.2.2	<i>Emplacement dans les bâtiments</i> .....	37
5.2.3	<i>Accès et ouvrants</i> .....	38
5.2.4	<i>Surface et circulation</i> .....	38
5.2.5	<i>Caractéristiques des sols</i> .....	38
5.2.6	<i>Niveau de sécurité</i> .....	38
5.2.7	<i>Éclairage existant</i> .....	39
5.3	Problématiques de conservation .....	39
5.3.1	<i>Liste des objets</i> .....	39
5.3.2	<i>Sensibilités principales des objets</i> .....	40
5.3.3	<i>Sensibilités secondaires des objets</i> .....	41
5.4	Fonctionnalités et usages des vitrines .....	41
5.4.1	<i>Fonctions principales et complémentaires</i> .....	41
5.4.2	<i>Mode d'utilisation prévu</i> .....	41
5.4.3	<i>Structure et compartiments</i> .....	42
5.4.4	<i>Positionnement des ouvertures</i> .....	42
5.4.5	<i>Positionnement des objets dans les vitrines</i> .....	42
5.5	Matériaux .....	42
5.5.1	<i>Matériaux de construction et de décoration</i> .....	43
5.5.2	<i>Matériaux d'étanchéité</i> .....	44
5.5.3	<i>Revêtements</i> .....	45
5.5.4	<i>Matériaux secondaires</i> .....	45
5.5.5	<i>Assemblages et fixation</i> .....	45
5.6	Définition des niveaux de performances principaux .....	46
5.6.1	<i>Aspect esthétique</i> .....	46
5.6.2	<i>Conditions climatiques requises</i> .....	46
5.6.3	<i>Conditions d'exposition aux polluants</i> .....	47
5.7	Définition des niveaux de performance complémentaires .....	48
5.7.1	<i>Résistance mécanique à l'effraction</i> .....	48
5.7.2	<i>Conditions d'exposition lumineuse</i> .....	48
5.7.3	<i>Stabilité structurelle</i> .....	49
5.7.4	<i>Résistance au feu</i> .....	49
5.8	Définition des modes de contrôles des performances .....	50
5.8.1	<i>Évaluation générale du prototype</i> .....	50
5.8.2	<i>Mesure de l'étanchéité à l'air</i> .....	50

5.8.3 Mesures climatiques.....	50
5.8.4 Mesure des rayonnements lumineux.....	50
5.8.5 Obtention d'une liste avec tous les matériaux.....	51
5.8.6 Test de vieillissement accéléré des matériaux .....	51
5.9 Prestations fournies par le mandataire.....	51
5.9.1 Conception et réalisation des vitrines .....	51
5.9.2 Livraison.....	51
5.9.3 Montage et mise en place .....	51
5.9.4 Nettoyage de mise en service.....	51
5.9.5 Livraison des pièces de rechange et/ou de consommables .....	52
5.9.6 Maintenance .....	52
5.10 Clauses techniques.....	52
5.10.1 Dimensions spécifiques du compartiment d'exposition.....	52
5.10.2 Autres compartiments.....	53
Discussion et perspectives .....	54
Conclusion générale.....	56
Références bibliographiques .....	57
Liste des figures .....	64
Liste des tableaux.....	67
Liste des abréviations et des sigles.....	68
Glossaire.....	69
Annexes.....	74
Annexe 1 : photographies.....	74
Annexe 2 : plans.....	79
Annexe 3 : schémas.....	86
Annexe 4 : graphiques .....	89
Annexe 5 : tableaux.....	94
Annexe 6 : documents complémentaires.....	103

## Résumé

Le couvent cistercien de Magdenau possède trois reliquaires datant du 17<sup>ème</sup> siècle et contenant les ossements de sa patronne Sainte-Théodora. Après avoir conservé ces objets pendant des années dans la sacristie, le couvent les a confiés à la Haute-École Arc de Neuchâtel pour documentation et traitement de conservation-restauration. L'institution religieuse a en effet le projet d'exposer ses reliquaires en vitrine à leur retour afin de les rendre à nouveau accessibles aux religieuses et aux visiteurs. Outre le fait de mettre en valeur les objets et de permettre à tout un chacun de les admirer ou de les vénérer, les futures vitrines auront pour mission de prévenir et de ralentir les phénomènes de dégradation qui pourraient survenir sur ces biens culturels. Aussi, la rédaction d'un cahier des charges dès la phase de conception des vitrines s'avère nécessaire pour intégrer des mesures de conservation préventive à ces ouvrages et ainsi contribuer à la conservation à long terme des reliquaires de Sainte-Théodora.

Pour parvenir à réaliser ce document, nous avons dû croiser différents éléments. Ainsi, nous avons étudié le projet d'exposition des reliquaires et l'utilisation prévue des futures vitrines. Nous avons également documenté les sensibilités physico-chimiques des matériaux constitutifs des reliquaires afin d'établir leurs contraintes de conservation. Enfin, nous avons procédé à l'étude des conditions de conservation existantes à Magdenau, et plus spécifiquement dans deux salles susceptibles d'accueillir les vitrines. Cette étape a permis de voir dans quelles mesures l'environnement de ces lieux convenait à la conservation des trois artefacts et s'il devrait être corrigé par les futures vitrines.

Ainsi, nous avons pu rédiger le cahier des charges pour la conception des vitrines. Ce dernier détaille les fonctionnalités, les matériaux de construction et les spécifications techniques auxquels devraient se conformer les ouvrages pour assurer la conservation des reliquaires. Le couvent cistercien pourra alors remettre ce document que nous lui proposons au fabricant ou au fournisseur de vitrines de son choix.

## Abstract

The Cistercian convent of Magdenau has three reliquaries dating from the 17th century and containing the bones of its patron saint Theodora. These objects have been stored in the sacristy for years, but from now on, the religious institution has entrusted them to the HE-Arc of Neuchâtel in the field of their documentation and conservation-restoration. Indeed, when the reliquaries come back, the convent wishes to expose them in display cases, so they are again accessible to the nuns and the visitors. The display cases will allow to emphasize the objects and make possible for everyone to admire them or to venerate them. But they also will have to preserve the reliquaries and slow down as possible the alterations that could occur to them. Therefore, the drawing up of technical specifications is necessary as soon as begins the design of the display cases. These will allow the integration of preventive-conservation measures into these showcases and thus contribute to the long-term conservation of Theodora's reliquaries.

To carry out the technical specifications document, we had to cross various elements. We studied the exhibition project of the reliquaries and the intended use of the future display cases. We also documented the physicochemical sensitivities of constitutive materials of the reliquaries in order to establish their constraints of conservation. Lastly, we proceeded under investigation of the existing conditions of conservation in Magdenau, and more specifically in two rooms which would likely accommodate the showcases. That stage has been important to assess in which extents the environment of these places was appropriate for the conservation of the artifacts and if it should be corrected by the future structures. Thus, we could write the specifications for the design of the display cases. This document precises the functional and technical features and the materials that will require the cases in order to ensure the conservation of the objects. In the end, the Cistercian convent will have at its disposal a document to hand to a manufacturer or a supplier of display cases.

## Zusammenfassung

Die Zisterzienserinnenabtei Magdenau besitzt drei Reliquien aus dem 17. Jahrhundert und beherbergt die Überreste ihrer Schutzpatronin St. Theodora. Nachdem diese Objekte während vielen Jahren in der Sakristei aufbewahrt wurden, hat das Kloster diese nun der Haute-Ecole Arc de Neuchâtel zu Dokumentations- und Behandlungszwecken für den Lehrgang Konservierung-Restaurierung anvertraut. Das Ziel der religiösen Institution ist, die Reliquien nach ihrer Rückkehr in Vitrinen auszustellen, um diese den Gemeindemitgliedern und den Besuchern zugänglich zu machen. Nebst der Präsentation sowie der Ermöglichung die Reliquien für jedermann zugänglich zu machen, sei es für die Bewunderung oder Verehrung, haben die zukünftigen Vitrinen die Aufgabe, die Überreste zu konservieren und die Degradation, welche bei solchen Kulturgütern auftreten können zu verlangsamen. Aus diesem Grund ist es von grosser Bedeutung präventive Massnahmen in der Konzeptionsphase der Vitrinen im Anforderungskatalog zu berücksichtigen, um hiermit zur langfristigen Erhaltung der Überreste von St. Theodora beizutragen.

Damit dieses Dokument realisiert werden kann, haben wir verschiedene Denkansätze ausgearbeitet. Wir haben unterschiedliche Ausstellungsprojekte von Reliquien sowie die Nutzung neuer Vitrinen studiert. Ebenso haben wir die physikalischen und chemischen Empfindsamkeiten der grundlegenden Materialien der Relikte dokumentiert, um die notwendige Konservierung zu ermitteln. Wir haben die Lagerbedingungen der Konservierung im Kloster Magdenau untersucht, insbesondere in den beiden expliziten Sälen, in denen die Vitrinen untergebracht werden sollen. Diese Messungen erlauben uns die Konservierung sowie anfällige Korrekturen der Umgebung mittels der neuen Vitrinen auszuarbeiten.

Auf diese Weise konnten wir den Anforderungskatalog für die Konzeption der Vitrinen aufsetzen. Dieser beschreibt die Funktionen, die Baustoffe und die technischen Spezifikationen, welche die Arbeiten zur Erhaltung der Reliquien gewährleisten sollen. Die Zisterzienserinnen-abtei kann diesen Anforderungskatalog dem Hersteller oder Lieferanten der Vitrinen ihrer Wahl als Hilfestellung mitliefern.

## Introduction

Le couvent cistercien de Magdenau possède trois reliquaires renfermant les ossements de sa patronne, Sainte-Théodora. Ces objets ont passé plusieurs années à l'abri des regards dans la sacristie. Cependant, l'institution religieuse a décidé de revaloriser ces pièces du patrimoine religieux régional en les confiant à la Haute école Arc de Neuchâtel (HE-Arc) pour traitement de conservation-restauration et en les exposant en vitrine dès leur retour à Magdenau.

Les enjeux de cette mise en vitrine sont multiples pour le couvent et son lien avec l'« extérieur ». Toutefois, la conception des futures vitrines ne se limitera pas à une approche expographique, elles devront également permettre d'intégrer des mesures de conservation préventive autour des objets afin de contribuer à leur conservation à long terme. Pour y parvenir, la rédaction d'un cahier des charges pour la conception de ces ouvrages s'avère indispensable.

L'objectif de ce travail est donc de proposer au couvent de Magdenau un cahier des charges qu'il pourra remettre au fabricant de vitrines de son choix. Ce document informe le mandataire du projet d'exposition des reliquaires, il décrit les fonctionnalités des futures vitrines et spécifie les choix techniques dont elles devraient bénéficier pour prévenir et ralentir des altérations physico-chimiques des reliquaires, tout en leur assurant une bonne visibilité.

Pour réaliser ce cahier des charges, il nous a fallu dans un premier temps identifier les besoins du couvent et comprendre l'utilisation qui sera faite des vitrines. Dans un deuxième temps, nous avons étudié les contraintes de conservation des reliquaires, afin d'établir les conditions environnementales dont ils devront bénéficier dans les vitrines. Puis, nous avons analysé les conditions de conservation existantes de deux salles susceptibles d'exposer les objets et nous les avons comparées aux conditions souhaitées dans les vitrines. Ceci nous a permis de déterminer si l'environnement des salles répond aux besoins de conservation ou, le cas non échéant, s'il devra être corrigé par les futures vitrines.

Forts de ces informations, nous en avons défini des conséquences techniques pour ces structures d'exposition. Nous les avons reformulées dans un cahier des charges inspiré d'un modèle proposé par Thierry Jacot, consultant en conservation-préventive et enseignant à la HE-Arc, et Éléonore Kissel, responsable du pôle conservation-restauration du musée du Quai Branly à Paris.

Ce travail de Bachelor s'ouvre sur la présentation du couvent cistercien et de son projet d'exposition des reliquaires de Sainte-Théodora. Puis, il décrit ces objets, retrace brièvement leur histoire et présente leurs significations culturelles. Ensuite, il formule les conditions de conservation dont devront bénéficier ces biens culturels dans les vitrines à travers l'étude de leurs sensibilités physico-chimiques. Ce travail se poursuit par la description des conditions environnementales existantes au couvent et se termine par la présentation du cahier des charges pour la conception des vitrines.



## 1. Le projet de présentation des reliquaires de Sainte-Théodora au couvent de Magdenau

### 1.1 Le couvent de Magdenau et ses reliquaires

Le couvent de Magdenau est une institution religieuse cistercienne fondée en 1244 dans la commune de Degersheim du canton de Saint-Gall (SG). Jusqu'au 14<sup>ème</sup> siècle, il accueillait surtout des jeunes filles issues de familles bourgeoises ou ministérielles de Suisse. Il connut son apogée à la fin du 15<sup>ème</sup> siècle, mais la Réforme y interrompit la vie conventuelle de 1529 à 1532<sup>1</sup>. Magdenau connu un renouveau au tournant des 16<sup>ème</sup> et 17<sup>ème</sup> siècles qui s'est traduit par l'édification des actuels bâtiments et par la translation en 1662 des reliques de Théodora, sainte des Catacombes et patronne de cette communauté cistercienne.

Les processions des reliquaires étaient un moment de célébration avec les paroissiens de la région qui a perduré jusque dans les années 1970. Toutefois, les échanges entre le couvent et les laïques sont toujours d'actualité. Comme l'accueil de novices se fait rare (il n'y a désormais plus que 15 religieuses et un prêtre), un certain nombre de bénévoles apporte son aide à l'institution dans diverses tâches quotidiennes et administratives. En outre, le couvent ouvre certains services religieux au public, propose des visites des lieux et accueille des voyageurs dans des chambres d'hôtes.



Figure 1: vue du couvent de Magdenau dans le canton de Saint-Gall. ©Kloster Magdenau

<sup>1</sup> Dictionnaire historique de la Suisse, 2015 [en ligne]

## 1.2 Pourquoi exposer les reliquaires de Sainte-Théodora en vitrine?

Premièrement, depuis quelques années<sup>2</sup> l'histoire de Sainte-Théodora et son lien avec le couvent sont de moins en moins connus, surtout auprès des plus jeunes religieuses. L'exposition des reliques *in situ* permettrait alors de réaffirmer l'importance de la sainte patronne auprès de la communauté des religieuses. De plus, cette initiative permettrait de rendre les reliques accessibles aux fidèles qui souhaiteraient manifester leur dévotion à la sainte, chose difficile jusqu'ici car les reliquaires étaient conservés dans la sacristie.

D'autre part, l'exposition de ses biens culturels est un moyen pour la communauté religieuse de renforcer ses liens avec la population locale. Il convient aussi de noter que les moyens mis en œuvre pour la conservation des biens d'église relèvent beaucoup de dons et de la mobilisation des habitants de la région. C'est pourquoi, Karin von Lerber<sup>3</sup> explique :

*« Il est donc primordial de réveiller l'intérêt de toutes les générations dans ce domaine, de donner accès aux objets religieux, de permettre l'utilisation (dans des cas définis) de quelques objets sacrés pour des rites ; bref, il est important de renouer les liens entre la population et ses objets de culte et de faire naître un sentiment de responsabilité quant à leur sauvegarde<sup>4</sup>. »*

En outre, la présentation des reliquaires satisfait aux exigences du canton, formulées en contrepartie d'aides financières. Ainsi, le couvent cistercien est tenu d'ouvrir ses portes et de partager ses biens d'église avec le public.

Enfin, la présentation des reliquaires en vitrine répond à des raisons conservatoires. En effet, juste avant leur retour à Magdenau, ces objets auront bénéficié de traitement de conservation-restauration tels que le nettoyage de leurs surfaces, le recollage de parties détachées et le nettoyage électrochimique des éléments en argent ternis. Sans protection particulière contre l'environnement, ces efforts risquent d'être neutralisés à plus ou moins court terme. La mise en vitrine est alors une condition nécessaire pour le maintien durable du résultat des traitements. Ces ouvrages forment alors un outil pour créer et contrôler un micro-environnement artificiel propice à la conservation des objets exposés.



Figure 2: gravure de Sainte-Theodora, 1622. ©Kloster Magdenau

<sup>2</sup> Cela coïncide à peu près avec la fin des processions des reliquaires et de leur emploi dans des cérémonies.

<sup>3</sup> Directrice de l'agence *Prevart* spécialisée dans le conseil en matière de conservation des biens culturels.

<sup>4</sup> Von Lerber, 2000, p.90

### 1.3 Le projet de présentation prévu pour les reliquaires

C'est dans le cadre d'une visite mensuelle déjà existante que le couvent souhaite montrer ses reliquaires. Le premier vendredi du mois, une trentaine de personnes assiste à une projection dans une salle du 2<sup>ème</sup> étage, puis se rend dans une salle nommée « le Vestibule ». La visite se poursuit dans des chambres historiques et se termine par un passage à la boutique de souvenirs. Les visiteurs sont des personnes de tous âges et de nationalités confondues. Ils ne sont pas nécessairement de confession chrétienne, mais parmi eux il y a parfois des séminaristes et des pèlerins.



Figure 3: soeur Assumpta faisant la visite à un groupe, ici dans une chambre historique. ©Tagblatt

L'exposition des reliquaires est qualifiée de *permanente*\*<sup>5</sup>. L'institution souhaite présenter ces trois objets dans trois vitrines différentes et se réserve la possibilité d'y intégrer un éclairage. Les reliquaires n'étant plus intégrés à un rite ou à une procession, ils ne seront en principe pas sortis de leurs vitrines. Les vitrines seront installées dans une unique salle, mais deux salles ont été provisoirement présélectionnées: le Vestibule et l'église.

### 1.4 Les deux salles envisagées pour l'installation des vitrines

#### 1.1.1. Le Vestibule

Il s'agit d'une salle ancienne située au 2<sup>ème</sup> étage. Elle possède un sol en carrelage et des murs avec colombages recouverts de peintures murales du 17<sup>ème</sup> siècle. Le Vestibule donne accès aux chambres historiques montrées aux visiteurs<sup>6</sup> et sert de salle d'exposition de biens culturels répartis dans trois vitrines<sup>7</sup>. En outre, c'est ici que sont reçues les prétendantes à la *vêture*\*.

<sup>5</sup> Les mots *en italique suivis d'un astérisque*\* figurent dans le glossaire p.69. Seule la première occurrence est signalée.

<sup>6</sup> La situation du Vestibule et ses dimensions figurent dans l'annexe 2, p.79, 80 et 82.

<sup>7</sup> Voir annexe 1, p.76, fig.35. D'autres images des salles envisagées pour les vitrines se trouvent dans l'annexe 1, p.74-78.

L'option du Vestibule pour l'installation des futures vitrines<sup>8</sup> tient au fait que la pièce est déjà intégrée aux visites mensuelles. De plus, elle offre une cohérence historique et culturelle particulière aux reliquaires en raison de la présence d'autres biens culturels et des peintures murales datant de la même époque. Actuellement le Vestibule est la salle qui obtient le plus de voix pour le projet d'exposition des reliquaires.



Figure 4: vue du Vestibule. ©P. Lehmann

### 1.1.2. L'église

Le bâtiment de l'église, construit en 1953, se trouve sur la partie sud du site conventuel. La salle correspondante à l'église se compose d'un grand volume allongé incluant la nef et le cœur<sup>9</sup>. Elle possède en outre une chapelle dédiée aux paroissiens. Les murs de la salle sont en béton peint et le plafond est en bois. Le sol est en pierre de type marbre. L'église est utilisée quotidiennement par les religieuses et n'est pas intégrée à la visite mensuelle. L'installation des vitrines dans cette salle<sup>10</sup> leur offre une visibilité plus importante, car possible également en dehors des visites guidées. En revanche, cela compliquerait le parcours de la visite, car pour ne pas traverser les espaces privés entre le Vestibule et l'église, il faudrait faire un détour par l'extérieur.

<sup>8</sup> La zone du Vestibule qui pourrait recevoir les futures vitrines est visible dans l'annexe 2, p.82.

<sup>9</sup> La situation de l'église et ses dimensions figurent dans l'annexe 2, p.79, 81 et 84.

<sup>10</sup> La zone de l'église qui pourrait recevoir les futures vitrines est visible dans l'annexe 2, p.85.



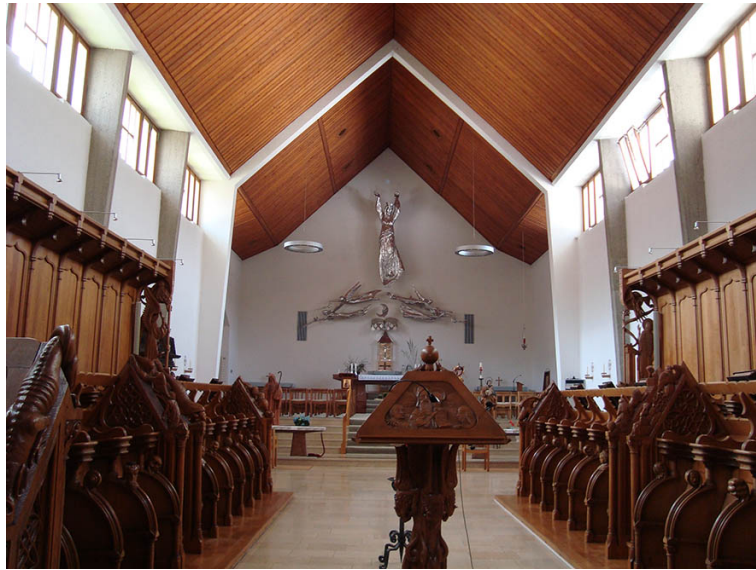


Figure 5: vue de l'intérieur de l'église depuis le fond nord-est.  
©HECR, G. Zucchetti

### 1.1.3. *La Pietà*

La chapelle « Pietà » avait été mise en avant pour l'exposition des reliquaires. Cependant, cette option a été abandonnée car la salle est relativement étroite pour l'installation de vitrines et un groupe de 30 personnes. En outre, il s'agit d'un espace privé pour lequel on a renoncé à y accueillir des visiteurs. Son réaménagement aurait compliqué son utilisation conventuelle.



Figure 6: vue de l'intérieur de la salle Pietà. Les portes vitrées à gauche donnent sur la chambre ardente. ©HECR, G. Zucchetti

## 2. Présentation des trois reliquaires de Sainte-Théodora

### 2.1 Description des reliquaires de Sainte-Théodora

Les trois reliquaires se présentent sous la forme de coffres aux volumes architecturaux. Les reliques contenues sont des os, visibles au travers de vitres. Les coffres se composent d'une boîte en bois montée sur quatre pieds circulaires et d'un couvercle fixé sur celle-ci. Ils sont peints en noir et leur surface est ornée d'éléments en bois et en argent représentant des pièces d'architecture (balustrades, colonne torses, chapiteaux, etc.) ou des décors d'inspiration végétale. Cette richesse de formes et de décors est typique du style *baroque\** du 17<sup>ème</sup> siècle.

#### 1.1.4. *Le reliquaire D064*

Le coffre de ce reliquaire est un volume octogonal. Son couvercle a la forme d'un dôme surmonté d'une figurine argentée de Théodora portant une épée. Le reliquaire contient un crâne, placé au fond du coffre, ainsi qu'une tiare, suspendue à la voute du dôme.



Figure 7: reliquaire D064 vu de face  
©HECR, S. Uldry



Figure 8: crâne du reliquaire D064 vu de profil. ©HECR, S. Uldry

Le crâne est entièrement recouvert d'une toile blanche qui semble encollée sur l'os. Des pièces de verroterie, des perles et de fils dorés le mettent en valeur. Deux couronnes, en métal argenté et en

métal doré parent le sommet de la relique. Le crâne repose sur un coussin rouge brodé de fils dorés et orné d'une guirlande de perles en verre. La tiare<sup>11</sup> est réalisée en textile rouge. Elle est décorée de bandes en carton recouvert de fils dorés, d'éléments de verroterie et de perles.

Tableau 1: dimensions du reliquaire D064

Hauteur	71.5 cm
Largeur	36.0 cm
Profondeur	34.5 cm
Poids	9.0 kg

#### 1.1.5. *Le reliquaire D070a*

Ce reliquaire se présente sous l'apparence d'une base rectangulaire dont le couvercle porte un fronton arrondi. Les os contenus dans le coffre sont recouverts du même type de textile transparent, ils sont ornés d'éléments décoratifs semblables au crâne du reliquaire D064. Un ensemble d'os est suspendu sous la voute, les autres os sont fixés à un support au fond du coffre. Cette structure en bois présente deux faces en « escalier » et est recouverte d'un textile rouge. Elle porte également des motifs floraux en métal dorés qui recouvrent partiellement les os. L'ensemble est fixé par des fils métalliques.

#### 1.1.6. *Le reliquaire D070b*

Ce reliquaire est très semblable au D070b, mais il porte en plus des éléments en argent sur le coffre, dont une décoration argentée figurant une croix et les lettre IHS<sup>12</sup>. Il contient également un ensemble d'os suspendu sous la voute ou fixé à une structure au fond du coffre.

Tableau 2: dimensions du reliquaire D070a

Hauteur	58.0 cm
Largeur	59.4 cm
Profondeur	35.7 cm
Poids	14.0 kg

Tableau 3: dimensions du reliquaire D070b

Hauteur	71.0 cm
Largeur	58.4 cm
Profondeur	35.4 cm
Poids	14.6 kg

Des informations plus détaillées sur la technologie des matériaux se trouvent à l'annexe 6, p.103.

<sup>11</sup> Voir annexe 1, p.75, fig.34. D'autres images des reliquaires se trouvent dans l'annexe 1, p.78-79.

<sup>12</sup> Il s'agit d'un monogramme tiré du grec pour « Jésus Christ ».





Figure 9: reliquaire D070a vu de face (avec éléments en argent démontés et reliques sorties). ©HECR, G. Zucchetti



Figure 10: reliques D070a sur la structure en bois recouvert de textile rouge. ©HECR, G. Zucchetti



Figure 11: reliquaire D070b vu de face.  
 ©HECR, G. Zucchetti



Figure 12: vue de côté des reliques D070a et de la structure portante.  
 ©HECR, G. Zucchetti



## 2.2 Qui est Sainte-Théodora et d'où proviennent ses reliques ?

Théodora était une chrétienne romaine du 2<sup>ème</sup> siècle après Jésus Christ. En ce temps, l'empereur Trajan persécutait les chrétiens. Hermès, le frère de Théodora, fut emprisonné et décapité en raison de sa foi. Théodora brava les interdits de l'époque pour recueillir les restes de son frère et lui offrir une sépulture digne. Elle enterra Hermès dans la catacombe de la *via Salaria*, près de Rome. Théodora renonça aux plaisirs terrestres et fit don de tous ses biens en faveur des plus démunis. Elle fut également mise à mort au nom de sa religion et sa dépouille a été ensevelie aux côtés de son frère.

En 1578, l'entrée de la catacombe de la via Salaria a été découverte. Les restes de nombreux saints furent alors exportés dans le nord de l'Europe entre les 17<sup>ème</sup> et 18<sup>ème</sup> siècles.

« *Durant la période baroque, ce furent surtout les régions de l'Allemagne catholique du Sud, ainsi que la Suisse, qui accueillirent la majorité des translations de saints des catacombes*<sup>13</sup>. » C'est dans ce contexte que le couvent

cistercien de Magdenau reçut les reliques de Théodora en avril 1662. Le calendrier chrétien fête la sainte le 1<sup>er</sup> avril, mais le couvent la célèbre également le 10 octobre.



Figure 13: illustration de Théodora à l'occasion du bicentenaire de la translation des reliques. 1862. ©Kloster Magdenau

## 2.3 Fonction, statut et valeurs culturelles des reliquaires de Sainte-Théodora

Dans la religion catholique, les reliques sont « *ce qui reste de Jésus-Christ, des saints et des martyrs, soit partie du corps, soit objet à leur usage, soit instrument de leur supplice*<sup>14</sup> ». Les reliquaires sont leur contenant. Souvent richement ornés, ils permettent de conserver les reliques et de les exposer à la *vénération*\* des fidèles. Le saint joue alors le rôle d'intermédiaire entre les croyants et Dieu et peut intercéder en leur faveur<sup>15</sup>. Cette tradition date des débuts de l'ère chrétienne, cependant la *reliquiophilie*<sup>16</sup> » ou « *reliquiolâtrie*<sup>17</sup> » connut son apogée durant le Moyen-âge. Aujourd'hui, s'il est

<sup>13</sup> Lehnerr, 2004, p.21

<sup>14</sup> Saint-Victor, 2003, p.47

<sup>15</sup> Deux citations illustrant bien l'attachement de la religion catholique au culte des reliques se trouvent dans l'annexe 6, p.103.

<sup>16</sup> De Poorter *et al.*, 2013, p.5

<sup>17</sup> Idem

plus discret qu'autrefois, le culte des reliques a conservé une place non négligeable dans la liturgie catholique<sup>18</sup>. Comme mentionné, les reliquaires de Sainte-Théodora ne sont plus portés en procession. Bien que le couvent détienne son *authentique\**, la plupart de ses membres doutent qu'il s'agit bien des restes de Théodora des catacombes, si bien que Magdenau continue à fêter sa patronne, sans y joindre ses présumées reliques. Toutefois, chacun est libre de rendre hommage à la Sainte *via* les reliques s'il le souhaite<sup>19</sup>, et quoi qu'il en soit, il s'agit de restes humains qu'il convient de traiter et de disposer avec soin et dignité<sup>20</sup>.



Figure 14: exemple d'un reliquaire en procession  
(Abbaye de Saint-Maurice d'Agaune, Suisse).  
©A.Schafer

Les reliquaires de Sainte-Théodora sont appréciés et conservés en raison de différentes valeurs culturelles qu'ils matérialisent. En voici les principales :

#### *Valeur religieuse*

Ces objets sont issus de la liturgie catholique et sont associés à la vénération d'une sainte et l'adoration de Dieu à travers elle.

#### *Valeur historique*

Ces artefacts sont des témoins de l'histoire du couvent de Magdenau. Ils sont également représentatifs de l'histoire de l'Eglise, de son expansion et de son évolution en Europe.

#### *Valeur d'association*

Ces objets sont appréciés notamment pour leur association à une personnalité particulière : Théodora, patronne du Magdenau.

---

<sup>18</sup> Saint Victor, 2003, p.48

<sup>19</sup> Information recueillie auprès de Père Yvan le 12 mai 2015

<sup>20</sup> Cassman *et al.*, 2007, p.10

#### *Valeur commémorative*

Ces reliquaires rappellent le souvenir d'une martyre chrétienne et par extension la persécution de nombreux croyants pour leur foi.

#### *Valeur artistique*

Ces objets sont représentatifs du courant baroque et d'une tradition artisanale de l'Europe du Nord. De par leur apparence, ils témoignent d'une intention artistique.

#### *Valeur sociologique*

Les reliquaires présentent un intérêt pour la compréhension de l'évolution socio-culturelle de la région et de la Suisse. Ils constituent également un « *témoignage précieux d'une mentalité et d'une conception de la vie qui se définissait par rapport à l'au-delà*<sup>21</sup>. »

#### *Valeur de recherche*

Ces objets sont porteurs d'informations qui intéressent les chercheurs de différentes branches scientifiques et historiques.

#### *Valeur marchande*

En principe, les reliquaires ne devraient pas avoir de valeur marchande car leur vente est formellement interdite par le droit canonique qui l'assimile à de la simonie<sup>22</sup>. Toutefois, cette interdiction a souvent été outrepassée. Sans pouvoir chiffrer leur valeur pécuniaire, il est clair que les reliquaires Sainte-Théodora peuvent susciter la convoitise en raison de leurs significations immatérielles et des matériaux nobles qu'ils contiennent, notamment l'argent. Des cas récents de vols de reliques ont d'ailleurs été rapportés<sup>23 et 24</sup>.

---

<sup>21</sup> Lehnherr, 2004, p.24

<sup>22</sup> Saint-Victor, 2003, p.48

<sup>23</sup> Vol d'une relique imprégnée du sang de Jean-Paul II, 2014 [en ligne]

<sup>24</sup> Autriche : Vol de 78 reliques dans une chapelle, 2014, [en ligne]

### 3. Les contraintes de conservation des reliquaires de Sainte-Théodora

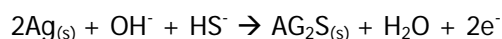
#### 3.1 Les sensibilités physico-chimiques des reliquaires

##### 3.1.1 Les matériaux inorganiques : l'argent, le verre et les fils métalliques

###### *L'argent*

L'altération la plus fréquente de l'argent est le ternissement engendré par la *corrosion*\*. Au fur et à mesure que ce métal se corrode, des produits de corrosion se forment à sa surface qui prend différentes teintes (plus ou moins jaunes, rouges puis bleues<sup>25</sup>). A partir d'une certaine épaisseur d'oxydes (environ 100 nm<sup>26</sup>), l'argent prend une teinte noirâtre visible sur des pièces des reliquaires. Les surfaces en argent sont très réactives et les premiers nanomètres de produits de corrosion se forment rapidement. Puis, le phénomène ralentit et se stabilise, si bien que la ternissure ne représente pas de danger pour l'objet, mais provoque une réelle gêne esthétique et réduit sa lisibilité<sup>27</sup>.

L'acanthite (Ag<sub>2</sub>S) est le produit de corrosion le plus commun. Sa formation est principalement causée par des *gaz sulfureux réduits*\*. Parmi eux, la littérature désigne le sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S) comme le principal responsable. Le sulfure de carbone (COS) est également particulièrement réactif avec l'argent. Ce matériau est aussi très sensible au soufre dégagé par certains matériaux. La demi-réaction anodique entre l'argent et le soufre est la suivante<sup>28</sup> :



L'épaisseur d'Ag<sub>2</sub>S et sa vitesse de formation est fonction de l'humidité relative (HR)<sup>29</sup>. Cette dépendance tient à l'existence d'une couche d'eau *adsorbée*\* en surface de l'argent et favorisant la dissolution des gaz corrosifs et les processus électrochimiques d'oxydation<sup>30</sup>. Si le taux d'eau adsorbé en surface reste plutôt constant entre 5 et 50% HR, il augmente beaucoup vers 70% HR et accélère considérablement le ternissement de l'argent<sup>31</sup>.

---

<sup>25</sup> Selwyn, 2004, p.150

<sup>26</sup> Idem

<sup>27</sup> Information recueillie auprès de Madame Denise Witshard, conservatrice-restauratrice du Trésor de l'abbaye de Sainte-Maurice, le 8 mai 2015.

<sup>28</sup> Une explication plus détaillée de ce phénomène se trouve à l'annexe 6, p.104.

<sup>29</sup> Lin *et al.*, 2013, p.345

<sup>30</sup> Beldjouji, 1999, p.26

<sup>31</sup> Masamitsu, 1996 [en ligne]

La corrosion est favorisée par la présence de catalyseurs, comme le dioxyde d'azote, l'ozone et les rayons ultraviolets<sup>32</sup>. La *dose minimale avec effets nuisibles observables (DMENO)\**<sup>33</sup> de l'argent pour le H<sub>2</sub>S est de 0.3 µg/m<sup>3</sup>/an<sup>34</sup> et pour le COS de 400 µg/m<sup>3</sup>/an<sup>35</sup>.

Le dioxyde de soufre est un *gaz sulfureux oxydé\** dont la réactivité avec l'argent n'est pas ou peu observée<sup>36</sup>. Il est davantage susceptible de réagir avec le cuivre contenu dans l'alliage<sup>37</sup>. En revanche, l'argent est particulièrement sensible aux chlorures et forme avec eux du chlorargyrite (AgCl). Ces chlorures se déposent sur l'argent via des poussières ou par contact avec la peau humaine.

### *Le verre*

Si sa composition est mal équilibrée, le verre est particulièrement sensible à l'action de l'eau. Cette dernière agit en lixiviant le verre, c'est-à-dire en solubilisant et en extrayant des éléments alcalins de sa matrice siliceuse. Ce phénomène concerne surtout les verres archéologiques enfouis<sup>38</sup>. Cependant, un environnement trop humide peut provoquer un processus similaire sur les verres des reliquaires et les fragiliser<sup>39</sup>. Des altérations caractéristiques (voiles blanchâtres<sup>40</sup>) sont visibles sur certains éléments en verroterie. D'autre part, le verre étant mauvais conducteur thermique, une variation brutale de la température ou un échauffement ponctuel peuvent causer son bris<sup>41</sup>.

### *Les fils métalliques*

Des produits de corrosion verts sont visibles sur des fils dorés en contact avec des éléments de verroterie sur les reliques. Ils semblent être le résultat d'une interaction entre le métal et le verre<sup>42</sup> provoquée par des *composés organiques volatils\** (COV) libérés par le bois (acide acétique, acide formique)<sup>43</sup>. Il s'agirait donc d'un problème de pollution interne provoqué par les objets eux-mêmes.

### *3.1.2 Les matériaux organiques : le bois peint et les textiles*

Les matériaux organiques sont *hygroscopiques\** et de ce fait, ils ajustent constamment leur taux d'humidité interne à celui de l'air environnant. Dès lors, ils présentent une grande sensibilité aux

<sup>32</sup> Costa, 2001, p.21

<sup>33</sup> Le concept de DMENO et son application aux polluants des reliquaires sont expliqués dans l'annexe 6, p.105.

<sup>34</sup> Tétreault, 2003, p.130 Pour une hygrométrie maintenue constante à 50%.

<sup>35</sup> Ibidem, p.131

<sup>36</sup> Li, 2012, p.14

<sup>37</sup> Costa, 2001, p.21

<sup>38</sup> Koob, 2006, p.12

<sup>39</sup> Alcouffe et Setton, 2001, p.95

<sup>40</sup> Uldry, 2015, p.15

<sup>41</sup> Alcouffe et Setton, 2001, p.95

<sup>42</sup> Eggert, 2015, p.31

<sup>43</sup> Uldry, 2015, p.15

fluctuations hygrométriques et aux taux d'hygrométrie inadaptés. Les fluctuations de l'humidité relative génèrent des tensions dimensionnelles des matériaux organiques en provoquant tour à tour leur gonflement et leur rétraction. Pour le bois, cela peut résulter par des déformations, la perte de solidité des assemblages, l'apparition de fissures et des déformations. Dans le cas des textiles, ces fluctuations génèrent une abrasion répétée des fibres entraînant la perte des propriétés naturelles de *résilience*<sup>\*</sup>, d'élasticité et de résistance à la traction. Les reliquaires s'apparentent à une classe de sensibilité élevée aux variations d'humidité relative, pour lesquels des dommages sont susceptibles d'apparaître dès une variation hygrométrique de 5% trop brutale<sup>44</sup>.

Une hygrométrie trop importante (au-delà 70% pour le bois et de 65 % pour le textile<sup>45</sup>) génère aussi un stress mécanique et favorise le développement de moisissures. Certains adhésifs peuvent se ramollir jusqu'à faire céder des collages. Dans le cas du bois, cela peut se traduire également par un craquèlement de la couche picturale<sup>46</sup>. Trop sec (sous 30 % HR pour le bois et 40% pour les textiles<sup>47</sup>), l'environnement provoque le dessèchement et la rigidification des matériaux. Les textiles deviennent alors cassants<sup>48</sup>, le bois peut se fissurer et la peinture se craqueler.

Les reliquaires présentent un certain nombre d'altérations décrites ci-dessus. Des jours sont apparus entre les pièces en bois, la couche picturale noire s'est parfois fissurée et des éléments de décor se sont détachés.

Les matériaux organiques sont vulnérables à l'action d'insectes qui s'en nourrissent et s'en servent de pouponnière pour leurs œufs et leurs larves. Les insectes xylophages creusent des galeries dans le bois laissant derrière eux un matériau structurellement fragilisé et esthétiquement altéré. Cependant, pas ou peu de dégâts de la part de ces nuisibles ont été constatés sur les reliquaires.

La lumière et les ultraviolets sont susceptibles d'altérer le bois et les textiles en les décolorant et en les fragilisant par rupture des chaînes cellulodiques ou des liaisons peptidiques (dans le cas de la soie ou de la laine). Ce phénomène implique souvent la présence d'humidité et d'oxygène (photo-oxydation)<sup>49</sup>. Le bois peint représentant la principale surface exposée à la lumière, il risque davantage de souffrir des effets des rayonnements visibles et ultraviolets que les textiles. Selon une norme européenne établie en 2014, le bois et la peinture à l'huile appartiennent à la catégorie de sensibilité moyenne à la lumière (*échelle de laine bleue*<sup>\*</sup> ISO 7 et 8)<sup>50</sup>. La dose minimale entraînant un effet nuisible observable (la DMENO<sup>51</sup>) se chiffre à 300 Mlx h.

---

<sup>44</sup> Michalski, 2013a [en ligne]

<sup>45</sup> Mailand, 1999, p.23

<sup>46</sup> Le soin des sculptures, 2011 [en ligne]

<sup>47</sup> Notes de l'ICC 13/1, 2013 [en ligne]

<sup>48</sup> Boersma, 2007, p.34

<sup>49</sup> Landi, 1992, p.18

<sup>50</sup> Voir annexe 5, p.94-95

<sup>51</sup> Le concept de DMENO pour la lumière sera développé dans le chapitre 4.2.5, p.35.

Enfin, les matériaux cellulosiques s'oxydent en présence de *polluants\** atmosphériques, particulièrement le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) et le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)<sup>52</sup>.



Figure 15: exemple d'éléments en bois qui se sont détachés du coffre (D064). ©HECR, S.Uldry

### 3.1.3 Les matériaux organiques et inorganiques : les os et les dents

Les os et les dents allient une fraction inorganique (principalement de l'hydroxyapatite et de l'émail) à une fraction organique (des protéines)<sup>53</sup>. Dents et os sont sensibles au dessèchement, en dessous de 30% d'humidité relative<sup>54</sup>, ces matériaux se rétractent et des fendillements peuvent apparaître. Une chaleur excessive (dès 45°C<sup>55</sup>) peut conduire à une dégradation des protéines et à la fragilisation de la structure osseuse et dentaire. Les fluctuations hygrométriques favorisent l'hydrolyse et l'acidification des graisses contenues dans les cavités osseuses. Avec la formation de composés acides, la partie inorganique de l'os risque d'être endommagée à son tour<sup>56</sup>.

Les os sont peu sensibles aux insectes<sup>57</sup> et aux rongeurs<sup>58</sup>. En revanche, leur fraction organique les rend vulnérables aux moisissures, surtout au-delà de 60% d'humidité relative<sup>59</sup>. Certaines se sont développées sur les reliques de Sainte-Théodora et démontrent leur vulnérabilité à la contamination fongique. Cependant, il se peut que les moisissures se soient attaquées à la substance d'encollage du textile qui recouvre les os.

<sup>52</sup> Hatchfield, 2002, p.40

<sup>53</sup> Locke, 2013, p.57

<sup>54</sup> Bone, Antler, Ivory, and Teeth, 2009 [en ligne]

<sup>55</sup> Lemoine et Guilminot, 2009, p.13

<sup>56</sup> Idem

<sup>57</sup> Note de l'ICC 6/1, 2010 [en ligne]

<sup>58</sup> Bone, Antler, Ivory, and Teeth, 2009 [en ligne]

<sup>59</sup> Idem

### *3.1.4 Les fragilités structurelles des reliquaires*

Les objets portent toujours bien leur poids, cependant leurs assemblages sont souvent fragiles. Sans une manipulation précautionneuse de ces objets et sans protection contre les vibrations, des pièces en bois, en argent, ou en verre (les vitres) risquent de se détacher. Les vitres et les reliques sont particulièrement vulnérables aux chocs et risquent de se briser.

## **3.2 Les conditions de conservation souhaitées dans les vitrines**

Voici les conditions de conservation que devraient idéalement offrir les futures vitrines<sup>60</sup> :

- Une hygrométrie maintenue entre 45 et 55%, avec une variation hygrométrique maximale de 5% par jour<sup>61</sup>.
- Une température comprise entre 17 et 23°C, avec une variabilité la plus faible possible en raison de son influence sur l'hygrométrie.
- Une concentration moyenne maximale de 0.003 µg/m<sup>3</sup> pour l'H<sub>2</sub>S, de 4 µg/m<sup>3</sup> pour COS et de 0.1 µg/m<sup>3</sup> pour le SO<sub>2</sub> et le NO<sub>2</sub>

En outre, les reliquaires devraient être protégés des insectes, de la poussière, des chocs, des vibrations et des rayons ultraviolets.

---

<sup>60</sup> Les recommandations de conservation par matériau sont synthétisées dans l'annexe 5, p.95.

<sup>61</sup> Une plage de conservation autour des 50% semble être un compromis acceptable pour les matériaux organiques et inorganiques des reliquaires. Information recueillie auprès de Madame Denise Witshard le 8 mai 2015.



## 4. Description des conditions de conservation existantes au couvent

### 4.1 Analyse des risques préliminaire

Les agents de dégradation environnementaux sur lesquels peut agir une vitrine sont le climat, la lumière et les ultraviolets, les polluants atmosphériques, les insectes, les actes de malveillance et les forces physiques (vibrations et chocs). Parmi eux, quels sont ceux qui présentent le plus de risques pour les reliquaires ? Pour y répondre, nous avons procédé à une évaluation des risques préliminaire.

Cette analyse a été réalisée grâce à des données visibles et orales récoltées au couvent selon une organisation spatiale en « couches ». Nous avons retranscrit ces données dans un tableau<sup>62</sup> pour leur donner une appréciation positive, négative ou neutre sur leurs éventuelles implications dans les six agents d'altération des reliquaires. Les diagrammes en « radar » ci-dessous font la synthèse de ce tableau pour le Vestibule et l'église<sup>63</sup>.

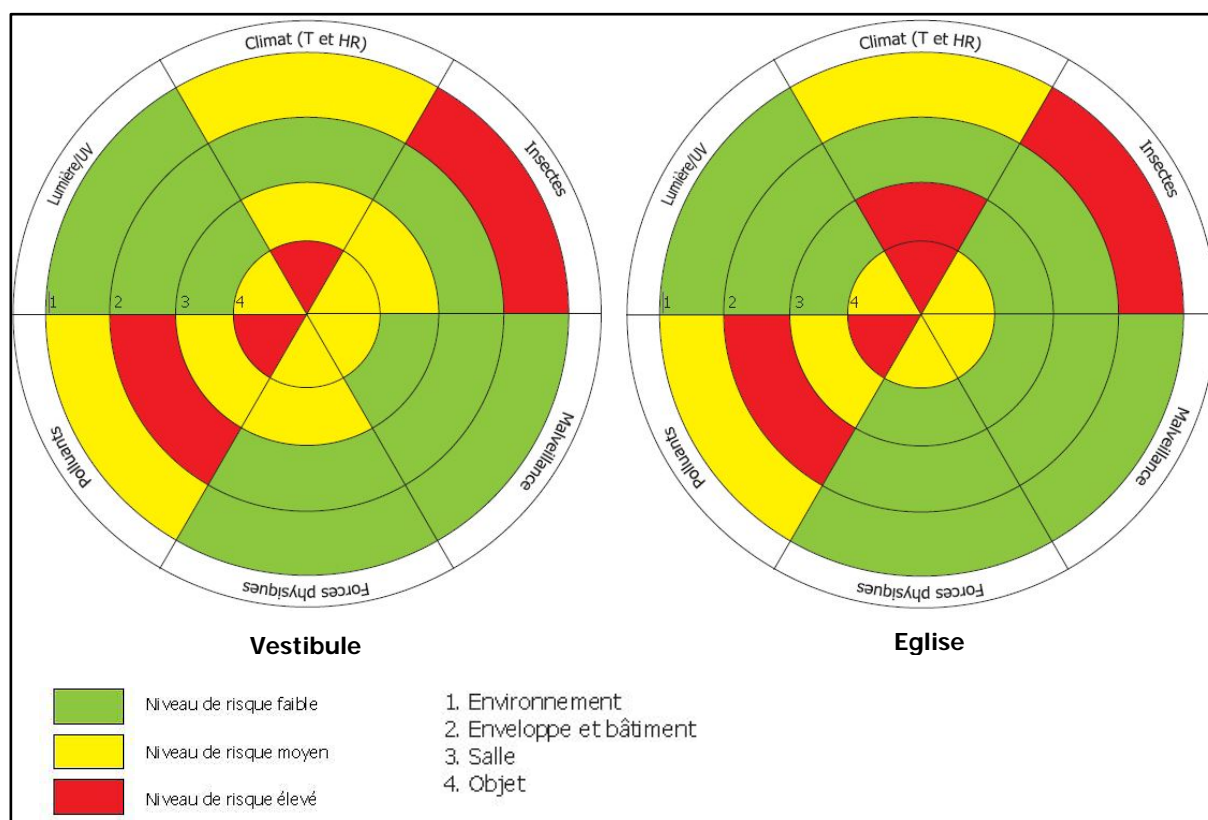


Figure 16: diagramme en radar du Vestibule et de l'église. ©HECR, G. Zucchetti

<sup>62</sup> Voir annexe 5, p.101

<sup>63</sup> Seule la zone 3 « salle » diffère entre eux.

Dans l'ensemble, ils montrent que les conditions de conservation au couvent sont plutôt « bonnes » avec beaucoup de situations de risque faible. Les polluants atmosphériques et le climat sont les paramètres environnementaux qui représentent le plus de risques pour les reliquaires et que les vitrines devront corriger en priorité. Toutefois, les vitrines devront également apporter une protection supplémentaire contre les risques plus faibles liés aux nuisibles, aux forces physiques, aux rayonnements visibles et ultraviolet ainsi qu'aux actes de malveillance.

## 4.2 Évaluation des conditions de conservation existantes par agent de dégradation

### 4.2.1 Le climat

Nous avons réalisé des enregistrements climatiques du Vestibule et de l'église du 27 janvier au 12 mai 2015<sup>64</sup>.

Tableau 4: valeurs thermo-hygrométriques enregistrées dans le Vestibule

Période du 27.02.15 au 12.05.15	Température	Humidité relative
Maximale	20.1°C	75.4%
Moyenne	17.1°C	34.6%
Minimale	15.3°C	26.9%
Variation journalière maximale	2.0°C	38.6%
Variation journalière moyenne	0.6°C	3.1%

Tableau 5: valeurs thermo-hygrométriques enregistrées dans l'église

Période du 27.02.15 au 12.05.15	Température	Humidité relative
Maximale	20.4°C	61.8%
Moyenne	16.0°C	35.2%
Minimale	11.1°C	25.3%
Variation journalière maximale	2.8°C	16.8%
Variation journalière moyenne	1.2°C	4.1%

### *Synthèse de l'étude climatique du Vestibule*

Durant le période d'enregistrement, la température et l'humidité relative (HR) moyenne du Vestibule se situent autour de 17°C et de 35% avec une variation thermohygrométrique journalière moyenne de 0.6°C et 3.1% HR. Le graphique général esquisse deux tendances saisonnières, soit un période un peu plus sèche de janvier à mi-mars (en moyenne 30.9%) et une période un peu plus humide de mi-mars à mai à (37.8%). Nous supposons que ces valeurs augmentent davantage durant la période estivale. La température moyenne varie aussi avec les saisons. Elle atteint par exemple les 19°C la première semaine du mois de mai.

<sup>64</sup> La localisation des capteurs climatiques est présentée dans l'annexe 2, p.83 et 85.

D'une manière générale, l'enveloppe du bâtiment semble bien lisser les variations climatiques extérieures et limiter les échanges hydriques ou thermiques<sup>65</sup>. La qualité des fenêtres et l'habitude de ne pas les ouvrir y contribuent en grande partie. Nous n'observons pas de cycle jour/nuit. Cela s'explique d'une part par le petit nombre de fenêtres et leur bonne isolation, et par la faible occupation de la pièce (peu d'apport de chaleur par l'éclairage ou les personnes).

L'humidité relative sèche du Vestibule baisse considérablement le risque de moisissures, mais elle pourrait provoquer le dessèchement des matériaux organiques des reliquaires. Bien qu'elle soit en général stable (plus de 90% des variations journalières sont inférieures à 5%<sup>66</sup> !), elle a parfois fluctué de manière très importante, surtout le 25 et le 26 mars (jusqu'à 38.6%)<sup>67</sup>. Ces fluctuations sont liées à des événements exceptionnels (travaux de conservation-restauration des peintures murales), mais ils représentent un risque pour les reliquaires. Nous notons d'autre part l'absence de perturbation particulière du climat du Vestibule les premiers vendredis du mois, journées de visite<sup>68</sup>.

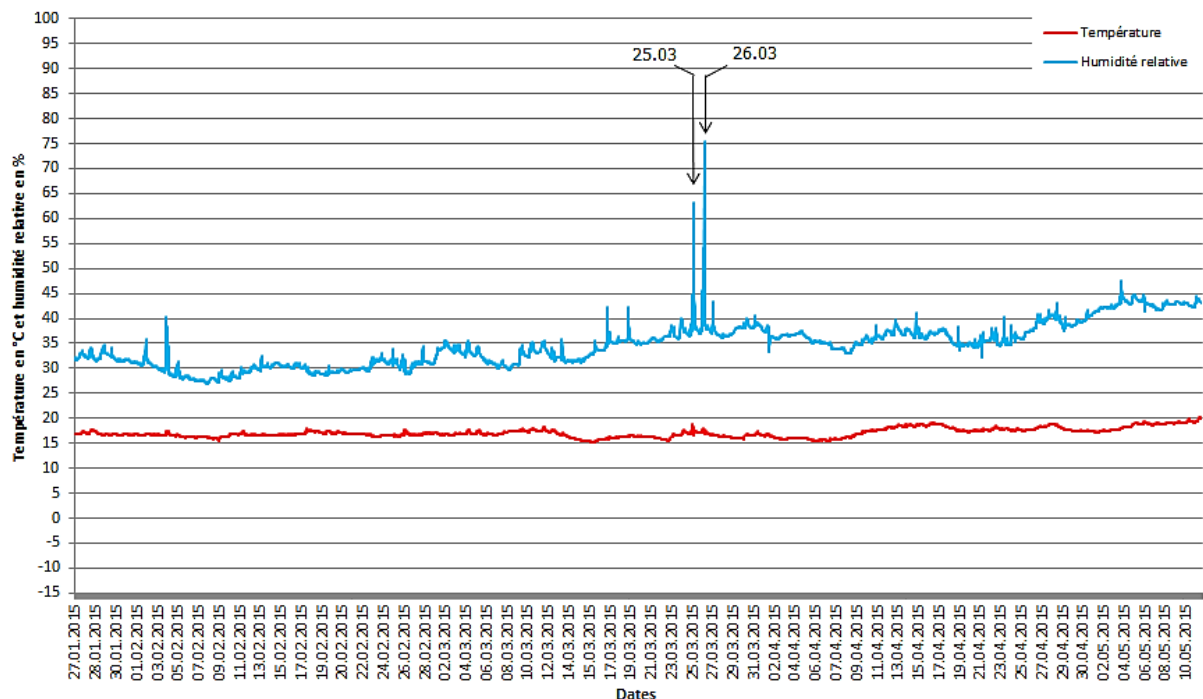


Figure 17: graphique des valeurs thermo-hygrométriques enregistrées au Vestibule. ©HECR, G. Zucchetti

<sup>65</sup> Voir annexe 4, fig. 57, p.89

<sup>66</sup> Voir annexe 4, fig.63, p.91

<sup>67</sup> Voir annexe 4, fig. 58, p.89

<sup>68</sup> Voir annexe 4, p.90

Le taux d'optimalité de nos données climatiques, par rapport aux contraintes de conservation énoncées pour les reliquaires, n'est que de 0.1%<sup>69</sup>. Aussi, le climat du Vestibule semble à priori défavorable pour l'exposition des reliquaires, surtout en raison de l'hygrométrie trop basse (cf fig.18).

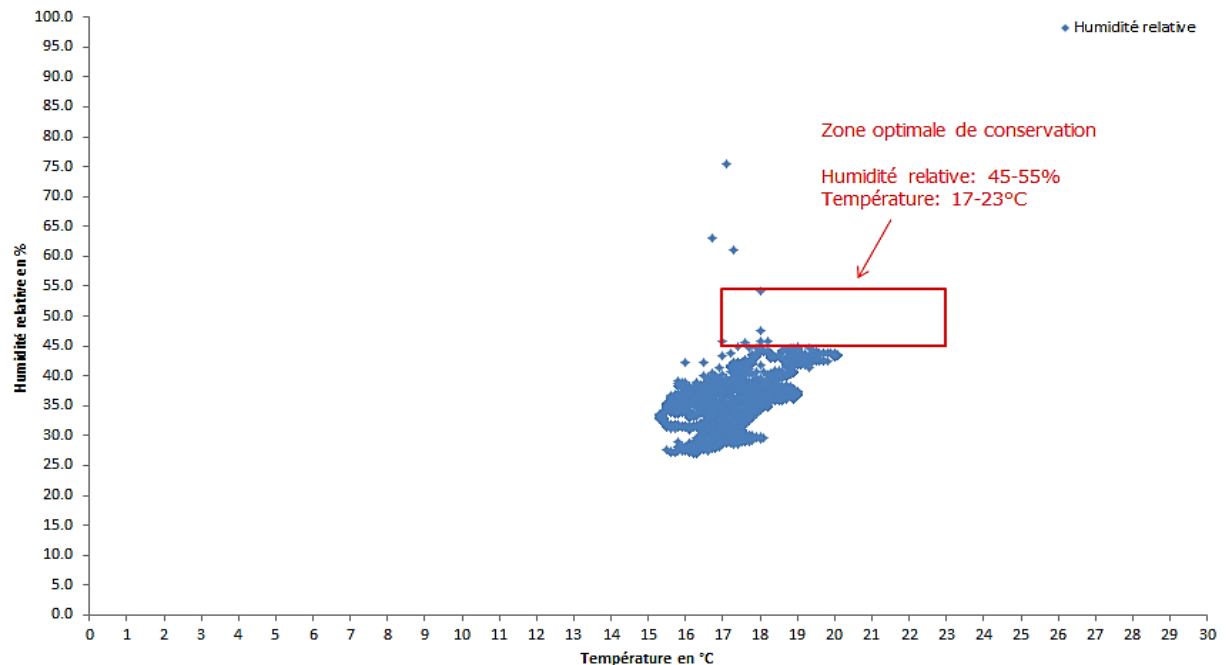


Figure 18: graphique de la dispersion des valeurs thermo-hygrométriques enregistrées au Vestibule.

©HECR, G. Zucchetti

### *Synthèse de l'étude climatique de l'église*

La température et l'humidité relative moyennes enregistrées sont de 16°C et de 35.2%. Le graphique d'ensemble nous montre que les courbes thermo-hygrométriques augmentent progressivement au mois d'avril et tout comme au vestibule, nous supposons que les valeurs moyennes sont plus élevée durant les mois chauds de l'année. La température de l'église est davantage influencée par l'extérieur qu'au Vestibule. La salle peut être bien fraîche en hiver (on y est descendu à 11°C en février 2015) et plus chaude en période estivale (on a atteint les 20.2°C en mai). En zoomant sur un mois<sup>70</sup>, on s'aperçoit que la température suit un cycle jour/nuit basé sur les variations journalières extérieures, mais les variations journalières moyennes restent modérées (en moyenne 1.2°C).

<sup>69</sup> Voir annexe 5, p.97

<sup>70</sup> Voir annexe 4, fig.65, p.92

L'humidité relative de l'église dépend de plusieurs facteurs : les échanges d'air avec l'extérieur via les défauts d'étanchéité du bâtiment, l'utilisation quotidienne de la salle par des personnes qui expirent de la vapeur d'eau<sup>71</sup>, ainsi que les variations thermiques.

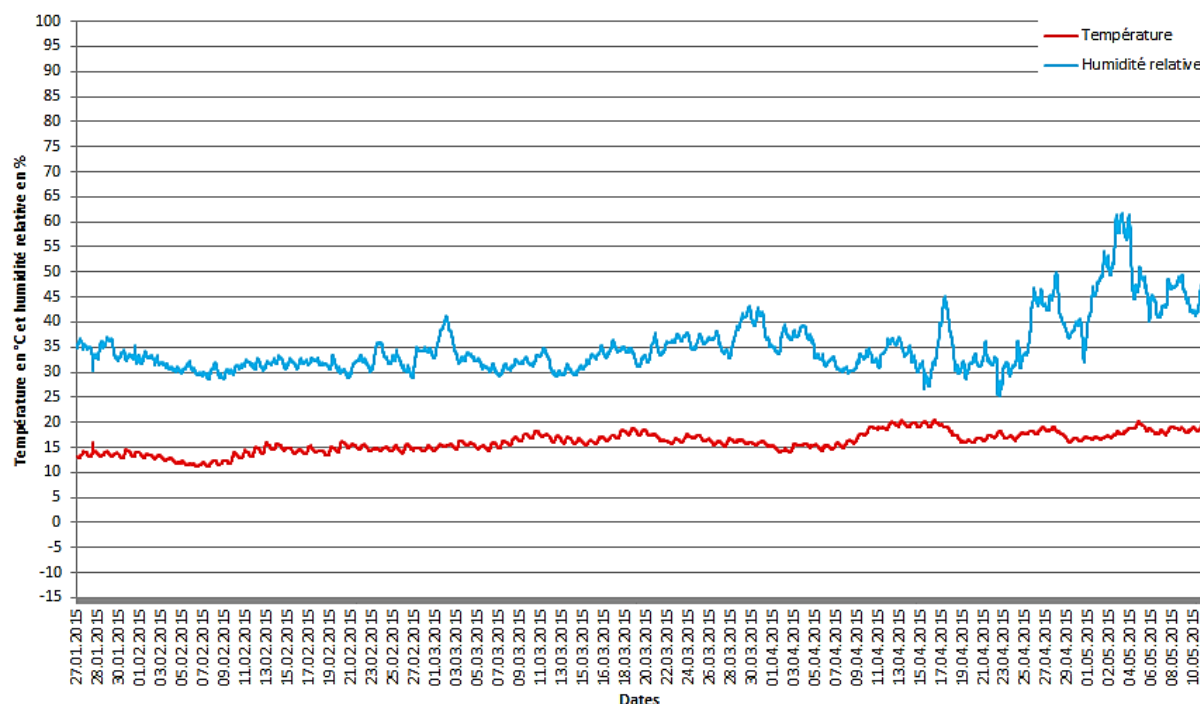


Figure 19: graphique des valeurs thermo-hygrométriques enregistrées à l'église. ©HECR, G. Zucchetti

En observant une semaine<sup>72</sup>, on s'aperçoit alors que la courbe hygrométrique présente parfois un cycle journalier, mais moins marqué et plus irrégulier que la température. La faible hygrométrie de la salle lui confère les mêmes avantages et inconvénients que le Vestibule concernant les matériaux organiques des reliquaires. En revanche, nous n'avons pas observé de fluctuations hygrométriques aussi brutales (la fluctuation journalière la plus importante a été de 16.8%). La variabilité journalière moyenne y est légèrement plus élevée (4.1%), mais dans 75% des cas, les variations sont inférieures à 5%<sup>73</sup>. En définitive, le taux d'optimalité<sup>74</sup> des données climatiques enregistrées n'est que de 5%, ce qui est un score très faible, mais meilleur qu'au Vestibule.

Les vitrines devront corriger l'humidité relative des deux salles, trop sèche en hiver et possiblement trop élevée en été. Elles devront en outre protéger les reliquaires contre des variations hygrométriques trop importantes.

<sup>71</sup> L'utilisation hebdomadaire habituelle de l'église figure dans l'annexe 5, p.97.

<sup>72</sup> Voir annexe 4, fig.66, p.92

<sup>73</sup> Voir annexe 4, fig.67, p.93

<sup>74</sup> Voir annexe 5, p.97

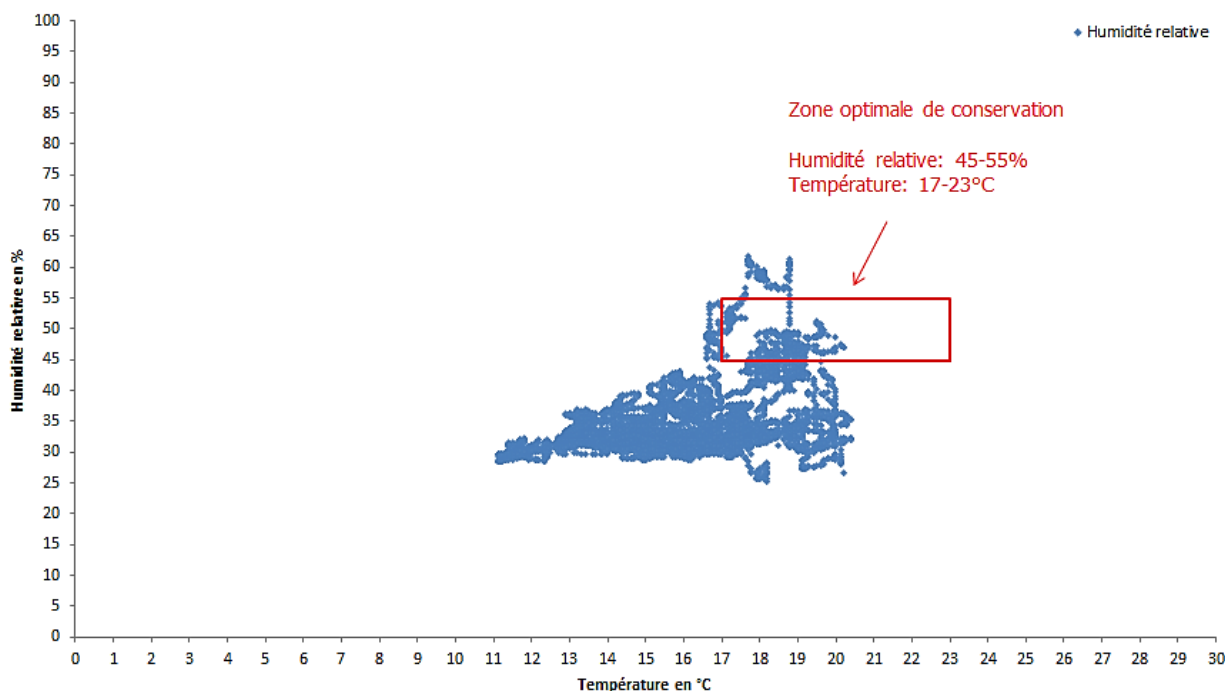


Figure 20: graphique de la dispersion des valeurs thermo-hygrométriques enregistrées à l'église.

©HECR, G. Zucchetti

#### 4.2.2 Les polluants atmosphériques

##### *Le sulfure d'hydrogène $H_2S$*

Nous n'avons pas de mesures disponibles pour les concentrations de  $H_2S$  *in situ*. Aussi nous avons procédé à une estimation de la concentration moyenne dans chaque salle<sup>75</sup>. La principale source<sup>76</sup> de sulfure d'hydrogène identifiée à Magdenau est l'être humain<sup>77</sup>. Une personne dégage environ 100µg de  $H_2S$  par heure<sup>78</sup>. En tenant compte de la fréquentation des salles nous sommes parvenus à la moyenne de 1.05 µg/m<sup>3</sup> pour le Vestibule et de 0.79 µg/m<sup>3</sup> pour l'église.

##### *Le sulfure de carbone $COS$*

Les sources de sulfure de carbone se trouvent principalement à l'extérieur<sup>79</sup>. La concentration moyenne de sulfure de carbone en extérieur se situe entre 0.7 et 1 µg/m<sup>3</sup><sup>80</sup>.

<sup>75</sup> Le détail des calculs se trouve dans l'annexe 6, p.106.

<sup>76</sup> Les sources détaillées des polluants du chapitre 4.2.2 sont présentées dans l'annexe 5, p.97.

<sup>77</sup> Mimoun, 2011, p.39 « *Le  $H_2S$  est produit par des bactéries sulfatoréductrices présentes dans le système digestif humain et qui œuvrent en complément de la digestion pancréatique et intestinale de certains glucides et des protéines.* »

<sup>78</sup> Tétreault, 2003, p.11

<sup>79</sup> Hatchfield, 2002, p.5

<sup>80</sup> Tétreault, 2003, p.32

Pour évaluer la concentration de COS en intérieur, nous avons employé la règle des « 100, 10, 1 » proposée par Jean Tétreault<sup>81</sup>. D'après celle-ci, un polluant gazeux extérieur qui pénètre dans des enceintes successives voit sa concentration diminuer d'un facteur 10 à chaque « couche » traversée. (cf. fig.21). Le Vestibule et l'église sont séparés de l'extérieur par une seule frontière physique. Ainsi, on peut estimer que la concentration en COS dans ces salles est située entre 0.07 et 0.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

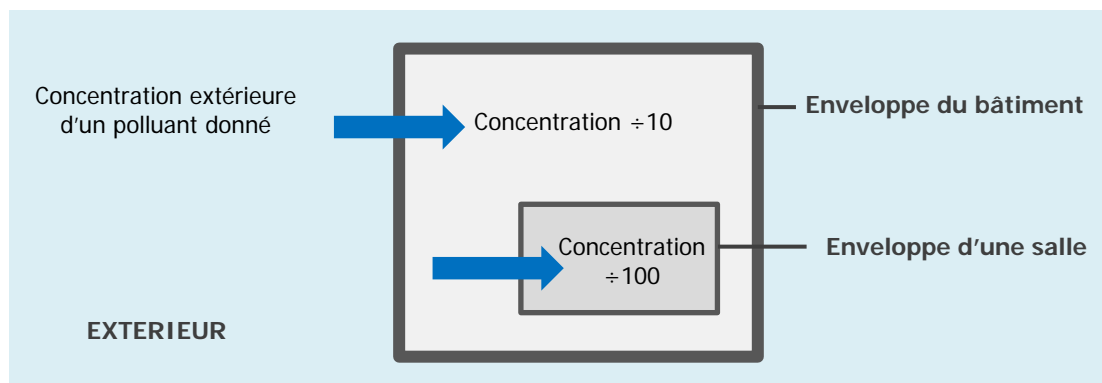


Figure 21: illustration de la règle des "100, 10, 1". ©HECR, G. Zucchetti

#### *Le dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ) et le dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ )*

Les sources de ces polluants sont également principalement extérieures. Le réseau national d'observation des polluants atmosphériques (NABEL)<sup>82</sup> n'a pas de station de mesure de ces gaz à Magdenau. Aussi, nous avons consulté les données de Payerne<sup>83</sup>, selon lesquelles la concentration atmosphérique moyenne<sup>84</sup> de  $\text{SO}_2$  est de 0.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  et celle de  $\text{NO}_2$  est de 14.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . En appliquant la règle des « 100, 10, 1 », nous estimons leur concentration respective à 0.05  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  et 1.42  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  au vestibule et à l'église.

#### *Bilan des concentrations moyennes de $\text{H}_2\text{S}$ , COS, $\text{SO}_2$ et $\text{NO}_2$*

A priori, la situation des gaz sulfureux réduits susceptibles de ternir l'argent des reliquaires est mitigée. Alors que la concentration en  $\text{H}_2\text{S}$  des deux salles laisse présager l'apparition d'effets nuisibles observables en moins d'un an sur ce matériau, en théorie, les effets dus au COS ne devrait pas apparaître avant 4'000 à 5'700 ans ! Toutefois, ces chiffres sont à considérer avec prudence « *car plus l'ordre de grandeur de la durée d'exposition augmente, moins les résultats sont précis*<sup>85</sup>. » Dans l'église, la présence d'objets argentés restaurés il y a 4 ans, sans revêtement protecteur contre la corrosion et ne présentant pas de signe de ternissure est rassurante. La concentration moyenne de

<sup>81</sup> Ibidem, p.37

<sup>82</sup> NABEL, 2014 [en ligne] Le réseau NABEL mesure la charge de l'air en polluants d'importance nationale sur 16 stations représentatives de tous les niveaux de pollution en Suisse.

<sup>83</sup> Parmi les deux stations rurales situées à moins de 1000m et disposant de données sur  $\text{SO}_2$  et  $\text{NO}_2$ , nous avons choisi Payerne (Vaud), qui nous a semblé plus représentatif du climat et de la topographie de Magdenau que la station de Magadino-Cadenazzo (Tessin).

<sup>84</sup> Pour l'année 2013

<sup>85</sup> Tétreault, 2003, p.25

dioxyde de soufre est deux fois plus basse que la concentration moyenne maximale tolérée et convient à *l'objectif de préservation\** fixé pour les reliquaires (100 ans). En revanche, la concentration estimée du dioxyde d'azote est près de 14 fois trop importante et représente un risque pour les reliquaires.

Tableau 6: récapitulatif de la situation des principaux polluants des reliquaires

	Concentration moyenne au Vestibule	Concentration moyenne à l'église	Concentration moyenne maximale tolérée*	Concentration adéquate à l'objectif de préservation ?	Rappel de la DMENO
Sulfure d'hydrogène	1.05 µg/m <sup>3</sup>	0.79 µg/m <sup>3</sup>	0.003 µg/m <sup>3</sup>	<b>Non</b>	0.3 µg/m <sup>3</sup> /an
Sulfure de carbonyle	Entre 0.07 et 0.1 µg/m <sup>3</sup>	Entre 0.07 et 0.1 µg/m <sup>3</sup>	4 µg/m <sup>3</sup>	<b>Oui</b>	400 µg/m <sup>3</sup> /an
Dioxyde de soufre	0.05 µg/m <sup>3</sup>	0.05 µg/m <sup>3</sup>	0.1 µg/m <sup>3</sup>	<b>Oui</b>	10 µg/m <sup>3</sup> /an
Dioxyde d'azote	1.42 µg/m <sup>3</sup>	1.42 µg/m <sup>3</sup>	0.1 µg/m <sup>3</sup>	<b>Non</b>	10 µg/m <sup>3</sup> /an
* Rappel : pour un objectif de préservation de 100 ans					

En conclusion, les vitrines devront ralentir l'action des polluants aéroportés et plus spécifiquement le sulfure d'hydrogène et le dioxyde d'azote. Pour ce faire, elles devront:



Figure 22: sculpture en argent derrière l'autel de l'église. ©HECR, G. Zucchetti

- Bloquer la pénétration des polluants dans leur enceinte.
- Eviter les sources internes de polluants dans leur enceinte.
- Diluer, filtrer ou *sorber*\* les polluants présents leur enceinte<sup>86</sup>.

<sup>86</sup> Tétreault, 2003, p.38



#### 4.2.3 Les insectes

Le couvent se trouve en milieu rural, ce qui implique une présence d'insectes plus importante qu'en milieu urbain, c'est d'ailleurs la seule « couche » du diagramme en radar en rouge pour ce facteur d'altération. Nous partons du principe qu'il existe toujours un risque d'infestation, car la présence d'insectes dans un bâtiment ancien ou récent est « normale<sup>87</sup> ». Les vitrines devront alors bloquer leur pénétration dans leur enceinte. Le tableau ci-dessous résume la situation concernant les risques liés aux insectes au Vestibule et à l'église<sup>88</sup>.

Tableau 7: les points forts et faibles des deux salles sur les risques d'infestation

	Fenêtres récentes et étanches	Ouvrants sur l'extérieur toujours fermés	Flux de personnes faible*	Ménage régulier	Pas de nourriture consommée dans la salle	Infestation passée remarquée dans la salle
Vestibule	✓	✓	✓	✓	✓	!
Église	✓	!	!	✓	!	✓
* Plus il y a de passage, plus il y a des risques que des personnes introduisent des insectes, des larves ou des œufs dans la salle.						

#### 4.2.4 Les forces physiques

Le principal risque lié aux forces physique pour les reliquaires est leur manipulation, en raison de leur poids et de la fragilité de certains de leurs assemblages. Les risques liés à l'implantation du bâtiment sont plutôt faibles, car il se trouve dans une *zone d'aléa sismique\** de catégorie 1 où les séismes importants sont rares<sup>89</sup>. En outre, il n'y a ni chemins de fer, ni axe routier important, ni travaux dans le périmètre de Magdenau. Le Vestibule possède un sol ancien et pas toujours très plat. L'église, plus récente, présente un sol plus stable et bien droit.

Ainsi, les vitrines devront permettre la manipulation aisée des reliquaires et corriger les irrégularités du sol. De plus, elles seront capables d'absorber d'éventuelles vibrations du sol provoquées par le passage des visiteurs autour d'elles.

<sup>87</sup> Pinniger, 2015, p.3

<sup>88</sup> Une analyse plus détaillée de la situation liée aux insectes se trouve en annexe 6, p.107.

<sup>89</sup> Weidmann, 2003, p.161

#### 4.2.5 La lumière et les ultraviolets

Selon la DMENO de 300 Mlx h<sup>90</sup> pour les reliquaires, pour atteindre l'objectif de préservation de 100 ans l'*éclairage\** des reliquaires ne devrait pas dépasser 1000 lx<sup>91</sup>. Nous avons effectué une série de mesures de la lumière et des UV en des endroits représentatifs de l'emplacement des futures vitrines dans le Vestibule et l'église<sup>92</sup>. L'éclairage du Vestibule sera entièrement remanié prochainement. Aussi, les mesures ont été faites avec *l'éclairage naturel\**. En revanche, une mesure a été faite avec des lampes allumées devant une vitrine existante, afin de voir quel était son d'éclairement (450 lx) qui est satisfaisant pour la lisibilité d'une sculpture ayant des parties en argent<sup>93</sup>. Le Vestibule est naturellement très sombre (25 lx). La situation face à la fenêtre est bien plus lumineuse (420 lx) mais les vitres laissent passer beaucoup de rayons UV. Nous déconseillons d'exposer les reliquaires à la lumière naturelle directe. Ne pouvant prédire l'impact de l'éclairage actuel sur les reliquaires, nous donnons néanmoins des recommandations pour l'éclairage futur<sup>94</sup>.

L'intérieur de l'église est naturellement très lumineux. Des lampes halogènes peuvent être allumées si nécessaire. En son centre (l'emplacement le plus éclairé), l'éclairage journalier moyen est de 370 lx<sup>95</sup>, ce qui est bien en dessous de la valeur maximale de 1000 lx. Cette situation permet en théorie de repousser l'objectif de préservation à 270 ans.

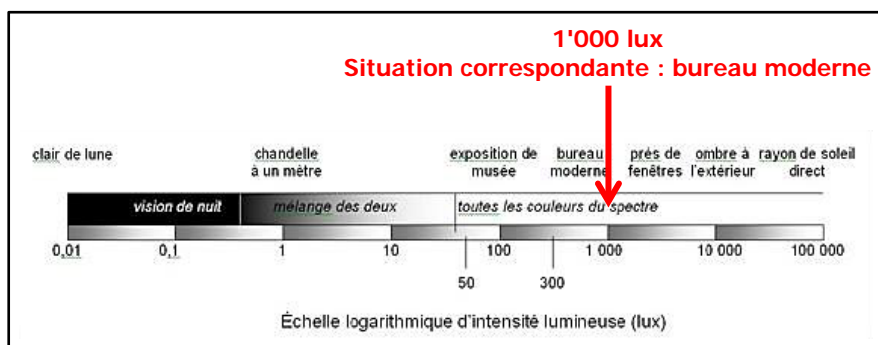


Figure 23: diverses situations et éclairage lumineux correspondant (en lux). ©ICC, S. Michalski

L'éclairage des reliquaires ne présente de risque majeur étant donné leur DMENO élevée. 1000 lx est une valeur limite très confortable pour leur lisibilité (cf fig.23) et un éclairage intégré aux futures vitrines ne devrait pas être problématique de ce point de vue. En limitant l'éclairage à 500 lx, l'objectif de préservation serait même boosté à 200 ans et permettrait toujours une lecture agréable

<sup>90</sup> Voir chapitre 3.1.2, p.23

<sup>91</sup> Michalski, 2013 b [en ligne]. L'on considère qu'une journée équivaut à 8 heures d'éclairage et une année (365 jours) à 3000 heures.

<sup>92</sup> Voir annexe 2, p.83 et 85

<sup>93</sup> Voir annexe 1, fig.36, p.76 Si l'éclairage est satisfaisant, l'esthétique des lampes déplaît et c'est pourquoi elles vont être remaniées.

<sup>94</sup> Voir annexe 6, p.107

<sup>95</sup> Le détail du calcul se trouve annexe 6, p.108

des objets. Il serait néanmoins judicieux que les futures vitrines filtrent les UV extérieurs en raison de leur caractère délétère et inutile pour l'observation des reliquaires.

Tableau 8: mesures de l'éclairage et des UV au Vestibule

Vestibule		
Lieu de la mesure et distance à la source	Éclairage	Mesure relative des ultraviolets
Devant la vitrine centrale à 6m des fenêtres et à 1 m de spots	450 lx	108 µW/lm
Devant une armoire basse à 6m des fenêtres	25 lx	120 µW/lm
Sur une table à 1m des fenêtres	420 lx	1380 µW/lm

Tableau 9: mesures de l'éclairage et des UV à l'église

Église		
Lieu de la mesure et distance à la source	Éclairage	Mesure relative des ultraviolets
Au centre de l'église à 7m des fenêtres (éclairage naturel)	350 lx	313 µW/lm
Même situation que la précédente avec lampes allumées à 7.5m	410 lx	360 µW/lm
Devant un orgue, à 6m et 10.5m des fenêtres (éclairage naturel)	165 lx	120 µW/lm
Même situation que précédente, avec lampes allumées à 6.5m et à 11m.	215 lx	165 µW/lm

#### 4.2.6 Le vols et le vandalisme

Le couvent n'a jamais remarqué de vols ou d'actes de vandalisme. Cependant, malgré des mesures dissuasives ou d'alerte (périmètre muré et fermé la nuit, barreaux aux fenêtres, alarme à l'entrée principale) et malgré certaines habitudes (portes fermées à clé la nuit, visiteurs toujours accompagnés), nous considérons que les reliquaires ne bénéficient pas d'un risque zéro dans le domaine de la malveillance. D'autant plus que cette catégorie d'objet peut présenter un attrait particulier pour des personnes malintentionnées<sup>96</sup>. Le Vestibule peut sembler plus sûr que l'église en raison de sa situation plus « reculée » dans le couvent, mais l'église est mieux surveillée en raison de son utilisation fréquente. Le niveau de sécurité de ces deux salles semble ainsi plutôt équivalent<sup>97</sup>. Les futures vitrines devront alors jouer un rôle dissuasif et retardateur contre toute tentative d'effraction pour vol ou agression à l'égard des reliquaires.

<sup>96</sup> Expliqué au chapitre 2.3, p.20

<sup>97</sup> Une analyse plus détaillée de la situation liée au vol et au vandalisme se trouve dans l'annexe 6, p.108.

## 5. Cahier des charges pour la conception des vitrines

### PARTIE I – CONTEXTE CULTUREL ET CONSERVATOIRE

#### 5.1 Projet d'exposition

##### *5.1.1 Type d'exposition projeté*

Le couvent cistercien de Magdenau organise des visites mensuelles à l'occasion desquelles il accueille une trentaine de visiteurs. L'institution souhaite intégrer à ces visites la présentation de trois reliquaires dans des vitrines individuelles. Il est prévu que ce projet d'exposition dure plusieurs années.

##### *5.1.2 Lieux d'exposition*

Le couvent est une institution religieuse datant du 13<sup>ème</sup> siècle et situé dans la commune de Wolfertswil du canton de Saint-Gall (CH). Deux salles sont pressenties pour accueillir les vitrines, mais une seule sera définitivement choisie pour l'exposition. Il s'agit de la salle « Vestibule » et de l'église. Le Vestibule est une salle historique abritant des peintures murales du 17<sup>ème</sup> siècle et des biens culturels présentés en vitrines. L'église date de 1953.

#### 5.2 Contraintes et atouts des espaces d'exposition

##### *5.2.1 Spécificités géographiques générales*

Magdenau se trouve en zone rurale, sur une colline (à 749 m) à proximité d'une forêt et de terrains agricoles. Une menuiserie en activité se trouve à proximité (production de sciure).

##### *5.2.2 Emplacement dans les bâtiments*

Le Vestibule se trouve au deuxième étage du couvent. L'église constitue un bâtiment à part accolé au couvent<sup>98</sup>.

---

<sup>98</sup> Voir annexe 2, p.79-81

### *5.2.3 Accès et ouvrants*

Vestibule : l'accès se fait par l'entrée principale du couvent. Un ascenseur relie le rez-de-chaussée au 2<sup>ème</sup> étage et donne sur une salle à côté du Vestibule. La largeur de l'ascenseur est de 80 cm pour 140 cm de long.

Eglise : elle dispose d'une porte donnant directement sur l'extérieur (large d'environ 1 m). Il y a quelques marches qui séparent l'entrée de l'église de l'emplacement pour les vitrines.

Il est possible d'amener un véhicule très près de l'entrée du couvent et de l'église.

### *5.2.4 Surface et circulation*

Vestibule : il fait environ 85 m<sup>2</sup>, mais la surface projetée pour l'installation des vitrines fait 55 m<sup>2</sup>. La hauteur sous plafond est de 2.6 m<sup>99</sup>.

Eglise : elle fait 502 m<sup>2</sup>, mais l'espace où l'on pourrait placer les vitrines fait 47 m<sup>2</sup>, pour une hauteur minimale de 7.3 m<sup>100</sup>.

### *5.2.5 Caractéristiques des sols*

Vestibule : il possède un ancien sol en carrelage. Les tessons sont toujours solidaires entre eux et bien maintenus. En revanche, le sol n'est pas toujours très plat.

Eglise : le sol de l'église est fait de marbre et est bien plat. Par endroits il est recouvert de tapis.

### *5.2.6 Niveau de sécurité*

La nuit, le périmètre du couvent est fermé par une grille et l'entrée principale est sous alarme. Le Vestibule et l'église ne disposent pas de leur propre alarme. En revanche, toutes les portes sont fermées à clé la nuit et les fenêtres du rez-de-chaussée sont munies de barreaux. La porte d'entrée de l'église est ouverte la journée, elle donne sur une chapelle séparée du reste de la salle par une grille maintenue fermée. Il n'y a ni vidéosurveillance, ni gardien au couvent. Plusieurs personnes disposent d'un jeu de clés des entrées.

---

<sup>99</sup> Voir annexe 2, p.82

<sup>100</sup> Voir annexe 2, p.84

### *5.2.7 Éclairage existant*

Vestibule : l'éclairage actuel va prochainement être entièrement remanié. La salle est naturellement sombre (environ 25 lux).

Eglise : cette salle est très lumineuse en raison de grandes rangées de fenêtres. Des suspensions et des spots halogènes sont présents. Lorsqu'ils sont allumés le jour, l'éclairage dépasse les 400 lux.

### *5.2.8 Matériel de manutention existant sur place*

Le couvent ne dispose pas de matériel de manutention particulier.

## **5.3 Problématiques de conservation**

### *5.3.1 Liste des objets*

Il s'agit de trois reliquaires formés d'un coffre vitré en bois peint en noir et décoré d'éléments en argent. Les coffres contiennent les ossements d'une sainte (les reliques) recouverts de textiles et d'éléments décoratifs en verre, en métal, en nacre et en fil doré.

- Reliquaire D064 : Le coffre est de forme octogonale et surmonté d'un couvercle en forme de dôme. La relique conservée est un crâne monté sur un coussin rouge. A l'intérieur du coffre se trouve une petite tiare suspendue.

Dimensions (H x L x P)<sup>101</sup> : 71.5 x 36 x 34.5 cm

Poids : 9.0 kg

- Reliquaire D070a : Le coffre a une forme plus rectangulaire que le précédent. Les reliques sont constituées de différents os fixés sur une structure en bois recouvert de textile rouge. Des os sont également suspendus sous le couvercle du coffre.

Dimensions : 58 x 59.4 x 35.7 cm

Poids : 14.0 kg

- Reliquaire D070b : la structure du coffre et l'organisation de reliques à l'intérieur sont similaires au reliquaire D070a.

Dimensions : 71 x 58.4 x 35.4 cm

Poids : 14.6 kg

---

<sup>101</sup> Hauteur x Largeur x Profondueur

Avant leur mise en vitrine, ces trois objets auront récemment subis les traitements de conservation-restauration suivants :

- Nettoyage des surfaces intérieures et extérieures afin d'homogénéiser l'aspect général des objets
- Recollage et remontage des éléments détachés



Figure 24: reliquaie D064. ©HECR, S. Uldry

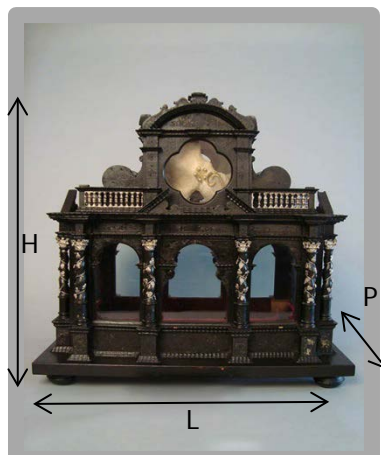


Figure 25: reliquaie D070a. ©HECR, G. Zucchetti

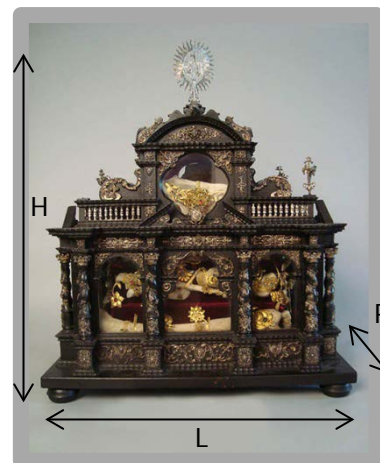


Figure 26: reliquaie D070b. ©HECR, G. Zucchetti

### 5.3.2 Sensibilités principales des objets

Humidité relative : les reliquaires sont principalement vulnérables aux variations hygrométriques trop brusques qui induisent un stress mécanique des matériaux organiques. Une humidité trop élevée est également contre-indiquée en raison du risque de développement de microorganismes et de corrosion des métaux. Une hygrométrie trop faible provoquerait le dessèchement et la déformation des matériaux organiques des reliquaires.

Polluants : les alliages en argent présents sont très sensibles à la ternissure provoquée par le soufre, et plus spécifiquement les gaz sulfureux réduits, tel que le sulfure d'hydrogène ( $H_2S$ ) et le sulfure de carbone ( $COS$ ). Leurs surfaces, récemment nettoyées, sont également très réactives au contact de chlore (dissous ou gazeux). Les matériaux constitutifs des reliquaires craignent également certains gaz comme le dioxyde d'azote ( $NO_2$ ) et le dioxyde de soufre ( $SO_2$ ).

Contraintes mécaniques : les reliquaires supportent toujours leur propre poids, mais ils présentent des fragilités mécaniques au niveau des assemblages du coffre (parties en bois, verre et argent). Une manipulation indélicate peut conduire au détachement des pièces les plus sensibles. En outre, les reliques et leurs décors ne sont pas toujours bien maintenus à l'intérieur des coffres, ce qui induit une sensibilité particulière des reliquaires aux chocs et aux vibrations.

### *5.3.3 Sensibilités secondaires des objets*

Vols et actes de malveillance : en raison de leurs matériaux « nobles » (l'argent) et des symboles qu'ils véhiculent, les reliquaires peuvent susciter le désir de vol ou de vandalisme à leur encontre.

Insectes : les reliquaires n'ont pas connu d'infestation particulière jusqu'ici, mais leurs matériaux organiques (bois, textile, colles animales) sont vulnérables à l'attaque d'insectes.

Lumière et ultraviolets (UV) : les parties principalement exposées à la lumière (le bois peint du coffre) ont une sensibilité moyenne à celle-ci (échelle de laine bleue ISO 7 et 8).

Température : son action la plus à craindre est son influence sur l'hygrométrie (fluctuation et taux inadaptés). Au-delà de 25°C, elle favorise la dégradation des matières protéiniques présentes dans les objets (ossements et colles animales).

## PARTIE II – SPECIFICATIONS GENERALES

### **5.4 Fonctionnalités et usages des vitrines**

#### *5.4.1 Fonctions principales et complémentaires*

Fonctions principales : les vitrines assurent la bonne lisibilité des reliquaires et les mettent en valeur.

En outre, elles participent à la conservation de ces objets et rendent durables les traitements de conservations-restauration reçus avant leur mise en vitrine. Pour ce faire, elles pallient aux conditions de conservation qui ont été jugées inadéquates dans la salle d'exposition et fournissent aux reliquaires un microenvironnement plus adapté et sécurisé.

Fonction complémentaire : chaque vitrine dispose de rangements pour des documents relatifs aux reliquaires et aux visites.

#### *5.4.2 Mode d'utilisation prévu*

Les vitrines et leur contenu (reliquaires et documents) seront montrés au minimum une fois par mois. Les reliquaires ne seront pas sortis des vitrines (ils ne prennent plus part à des processions ou des cérémonies religieuses), sauf pour constat d'état annuel par un conservateur-restaurateur. Les documents en revanche peuvent être sortis à l'occasion des visites pour être montrés ou distribués au public.



L'attribution des vitrines aux reliquaires est en principe définitive et il n'est pas prévu de les réutiliser pour une autre fin que l'exposition de ces objets.

#### *5.4.3 Structure et compartiments*

La structure souhaitée pour les ouvrages et de type « vitrine centrale », c'est-à-dire une vitrine autour de laquelle on puisse circuler à 360° et regarder les objets de tous les côtés.

Chaque vitrine se compose au minimum des compartiments suivants<sup>102</sup> :

- Un compartiment d'exposition : destiné à recevoir un reliquaire et délimité par une structure transparente sur ses quatre faces verticales.
- Un tiroir de micro-climatisation : placé juste sous le compartiment d'exposition et destiné à recevoir une charge de gel de silice et de charbon actif. Un système de perforations doit permettre l'échange d'air entre ce compartiment et le compartiment d'exposition.
- Des tiroirs : placés sous le tiroir technique de micro-climatisation et servant au rangement de divers documents.

#### *5.4.4 Positionnement des ouvertures*

L'ouverture du compartiment d'exposition se fera par sa face avant. Cette dernière sera entièrement mobile et s'ouvrira sur le côté en pivotant, sur le modèle d' « ouverture à la française » à un battant. Pour garantir une manipulation confortable et sûre des reliquaires, le débattement de l'ouverture doit être au minimum de 180°. Les différents tiroirs s'ouvriront tous par la face avant des vitrines<sup>103</sup>.

#### *5.4.5 Positionnement des objets dans les vitrines*

Chaque compartiment d'exposition recevra un reliquaire, placé au centre du plateau d'exposition, sans présence d'un socle. Chaque objet dispose déjà de pieds sous sa base qui lui assure un équilibre satisfaisant.

### **5.5 Matériaux**

La stabilité physico-chimique des matériaux dans les vitrines est indispensable, sans quoi, les reliquaires courent le risque d'être altérés par des polluants internes. En effet, toute émanation de composés organiques volatiles (COV) et de gaz à l'intérieur de la vitrine sera confinée par l'étanchéité

---

<sup>102</sup> Le vocabulaire employé pour les vitrines se trouve dans l'annexe 3, p.86.

<sup>103</sup> Voir annexe 3, p.87-88

du système et verra sa concentration inévitablement augmenter jusqu'à atteindre des concentrations dangereuses pour les objets exposés. Si bien que l'emploi de matériaux chimiquement stables et inertes est une condition indispensable pour assurer à long terme à la pérennité de l'environnement artificiellement créé<sup>104</sup>. L'inertie chimique des matériaux employés pour les vitrines devra s'appuyer sur une documentation de leur composition<sup>105</sup>. Si leur composition n'est pas connue, ils devront faire l'objet de tests d'identification et de vieillissement accéléré<sup>106</sup>.

Tous les matériaux connus pour dégager des composés soufrés ou chlorés sont formellement proscrits.

### 5.5.1 Matériaux de construction et de décoration

La structure des vitrines sera réalisée en métal (en aluminium ou en acier inoxydable ou galvanisé).

*(Nous avons pris le parti d'écarter l'emploi de bois car malgré une attention portée au choix de l'essence, on ne peut écarter le risque d'émanation de produits acides<sup>107</sup>. Par conséquent, « il est préférable de ne pas utiliser le bois dans des milieux fermés contenant des objets sensibles aux gaz acides<sup>108</sup> », tels que peuvent l'être les fils dorés ou les os contenus dans les reliquaires.)*

Si toutefois, certaines parties des vitrines devaient être réalisées en bois, les matériaux proscrits sont :

- les panneaux à base de particule de bois
- les panneaux contreplaqués à base de colle urée-formol
- les bois bruts aux essences réputées acides (chêne, châtaignier, cèdre, bouleau, hêtre, pin...)
- les bois verts, non acclimatés, les bois avec des nœuds

Dès lors, il convient d'employer des bois vieillies, acclimatés et bien secs<sup>109</sup>.

Les parties transparentes des compartiments d'exposition seront en verre. Celui-ci doit être traité pour la filtration des UV provenant de l'extérieur de la vitrine<sup>110</sup>.

*(Les matériaux synthétiques comme le polyméthyle méthacrylate ou les polycarbonates sont écartés, car ils se rayent plus facilement que le verre et résistent moins aux effets du temps*

<sup>104</sup> Jacot, 2003, p.26

<sup>105</sup> Database of materials tests results, 2015 [en ligne] Le British Museum publie les résultats de nombreux produits testés pour leur compatibilité avec la conservation de biens culturels. Les résultats sont disponibles dans un fichier Microsoft Excel.

<sup>106</sup> Thickett et Lee, 2004, p.13 Le test de vieillissement accéléré (test d'Oddy) révèle la présence de substances volatiles émises par un matériau donné et qui provoque l'oxydation de plaquettes témoins de cuivre, d'argent et de plomb. Il permet de déterminer si ce matériau peut être employé en présence de biens culturels dans une enceinte fermée.

<sup>107</sup> Tétreault, 1992, p.166

<sup>108</sup> Ibidem, p.167

<sup>109</sup> Museon Arlaten, 2014, p.11

<sup>110</sup> Un verre feuilleté avec du PVB filtre 99% des UV. Information recueillie auprès de Monsieur Jean-Pierre Burgener, expert diplômé en construction techniverrières de la société JP Burgener SA, le 18 juin 2015

*et des UV<sup>111</sup>. De plus, ils ne présentent pas les mêmes résistances à l'effraction que certains verres<sup>112</sup>. En outre, les plastiques sont combustibles et se ramollissent à la chaleur en cas d'incendie. De surcroît, l'étanchéité à l'air est limitée en raison d'une certaine diffusion gazeuse au travers des parois en plastique<sup>113</sup>.)*

Si des textiles sont employés, ils doivent être inertes et stables à la lumière. De plus, leurs éventuels colorants ne doivent pas déteindre. Ils seront être préalablement lavés afin d'ôter les teintures non fixes et les traces de formaldéhyde<sup>114</sup>.

À éviter :

- la laine
- les textiles traités au phosphate disodique (un retardateur de flammes) ou à l'urée formaldéhyde<sup>115</sup>.

À privilégier :

- le coton ou le lin (blanc ou écru)
- les acryliques
- les polyester
- les polyamides

### 5.5.2 Matériaux d'étanchéité

L'épaisseur des joints de compression doit être adaptée au poids supporté. Ils seront suffisamment épais pour supporter l'écrasement et ne pas nécessiter un remplacement après chaque ouverture.

À éviter :

- les matériaux à base de silicone de type acide
- le caoutchouc naturel ou vulcanisé

À privilégier :

- le polyéthylène sous forme de mousse, de tube ou de profilé
- les matériaux à base de silicone de type neutre<sup>116</sup>

---

<sup>111</sup> Information recueillie auprès de Madame Éléonore Kissel, responsable du pôle conservation-restauration du musée du Quai Branly à Paris, le 1<sup>er</sup> avril 2015

<sup>112</sup> Information recueillie auprès de Monsieur Jean-Pierre Burgener le 18 juin 2015

<sup>113</sup> Tétreault, 2003, p.54

<sup>114</sup> Tétreault, 1992, p.173

<sup>115</sup> Tétreault et Scott, 1993, p.14

<sup>116</sup> Tétreault, 1992, p.172

### *5.5.3 Revêtements*

Le métal sera recouvert par un revêtement de poudre ou par une peinture aux résines alkydes correctement cuite.

Si l'emploi d'autres revêtements s'avère nécessaire, il convient d'éviter :

- les peintures dites « à l'huile »
- les peintures à base de résines alkydes non cuites
- les vernis à base d'uréthane (à un seul composant)<sup>117</sup>

À privilégier :

- les peintures à 0% de COV
- les peintures-émulsions (latex)
- les vernis à base de résine acrylique pure
- les peintures émulsions à base de résines époxydes ou uréthane à deux composants<sup>118</sup>

Il est impératif de prévoir un temps de séchage minimum d'un mois pour permettre aux peintures employées de se libérer un maximum des COV<sup>119</sup>.

### *5.5.4 Matériaux secondaires*

Les matériaux de quincaillerie, de câblage et les composants électriques se conformeront aux prescriptions données précédemment pour les autres matériaux. Les métaux employés seront traités contre la corrosion.

À éviter :

- le polychlorure de vinyle (PVC)
- le polychloroprène
- le polyvinylidène chloré (PVdC)
- le polyuréthane
- tous les polymères à base de formaldéhyde<sup>120</sup>

### *5.5.5 Assemblages et fixation*

Les assemblages de la vitrine seront fixés de façon mécanique dans la mesure du possible, car la colle est susceptible d'émettre des COV.

---

<sup>117</sup> Ibidem, p.170

<sup>118</sup> Museon Arlaten, 2014, p.11

<sup>119</sup> Tétreault et Scott, 1993, p.5

<sup>120</sup> Museon Arlaten, 2014, p.11

À éviter :

- les colles vinyliques

À privilégier :

- les colles acryliques<sup>121</sup>

## 5.6 Définition des niveaux de performances principaux

### 5.6.1 Aspect esthétique

Le verre employé pour le compartiment d'exposition est de qualité « antireflet » et assure la bonne lisibilité des objets au travers la vitre sans apporter de teinte gênante<sup>122</sup>. Les fentes permettant la circulation de l'air entre les compartiments d'exposition et de micro-climatisation devront être camouflées, par exemple au moyen d'une pièce de textile. Les éléments de visseries, de joints, de colles seront aussi discrets que possible.

### 5.6.2 Conditions climatiques requises

Les conditions de conservation optimales pour les reliquaires sont les suivantes :

- Une humidité relative comprise en 45 et 55 %, avec une variation journalière aussi faible que possible et inférieure ou égale à 5%.
- Une température comprise entre 17 et 23°C.

Le Vestibule et l'église ne remplissent que peu ces conditions. Les vitrines devront alors y remédier et permettre une régulation interne de l'humidité relative. Pour cela, elles assureront l'étanchéité du volume formé par le compartiment d'exposition et le compartiment de micro-climatisation. Un *matériau tampon\** sera placé dans l'enceinte pour réguler l'hygrométrie.

*Le taux de renouvellement d'air\** dans cette enceinte sera inférieur à 0.5 fois par jour afin de limiter les échanges hydriques entre le système intérieur et extérieur de la vitrine et de permettre l'effet des matériaux tampons sur le volume intérieur.

---

<sup>121</sup> Museon Arlaten, 2014, p.11

<sup>122</sup> La présence de films plastique dans le verre feuilleté peut induire une teinte et dépend notamment de l'épaisseur du verre pour le verre flotté. Les sociétés Burgener SA et Glas Trösch AG proposent une qualité de verre extra-blanc qui rend ce paramètre moins manifeste.  
[https://www.glastroesch.ch/uploads/tx\\_lwgtbrochures/bro\\_glas-und-praxis\\_fr.pdf](https://www.glastroesch.ch/uploads/tx_lwgtbrochures/bro_glas-und-praxis_fr.pdf)

Nous recommandons l'emploi de gel de silice PROSorb® conditionné sous forme de caissettes à placer dans le compartiment de micro-climatisation<sup>123</sup>. Un capteur thermohygro-métrique sera placé dans la vitrine et permettra de définir le moment où le gel de silice doit être remplacé.

Selon les souhaits du couvent, il pourra être placé soit dans le compartiment de micro-climatisation ou dans le compartiment d'exposition.

*(La régulation hygrométrique que nous proposons ci-dessus est de type « passive » et convient le mieux à Magdenau. Une alternative mécanisée a été écartée. Elle se base sur l'utilisation d'une machinerie diffusant l'air préalablement traité dans l'enceinte de la vitrine et demande un investissement de départ plus important que la solution de régulation passive, de même qu'une alimentation électrique permanente et une maintenance obligatoire et trimestrielle<sup>124</sup> qui n'exclue pas le risque de panne. la régulation mécanisée convient davantage au contrôle d'un nombre important de vitrines<sup>125</sup>. De plus, elle a l'inconvénient esthétique d'employer des tuyaux en plastique qu'il faut camoufler.)*

### 5.6.3 Conditions d'exposition aux polluants

Les polluants les plus susceptibles d'altérer les reliquaires à Magdenau sont le sulfure d'hydrogène et le dioxyde d'azote.

Leur concentration maximum tolérable dans le compartiment d'exposition est:

- Pour le sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S): 0.003 µg/m<sup>3</sup>
- Pour le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) : 0.1 µg/m<sup>3</sup>

Comme expliqué, les matériaux des vitrines doivent être choisis avec une grande attention et ne pas dégager de composés organiques volatiles à l'intérieur de l'enceinte étanche. L'étanchéité des vitrines doit en outre réduire la pénétration des polluants gazeux extérieurs dans le compartiment d'exposition.

De plus, une charge de charbon actif<sup>126</sup> sera placée dans le tiroir de micro-climatisation. Il se présente sous forme granulaire et est conditionné dans un textile micro-perforé<sup>127</sup>.

*(Le charbon actif est un matériau peu coûteux et répandu qui permet de réduire efficacement la concentration de polluants présents dans une enceinte<sup>128</sup>. Son usage a fait ses preuves dans des*

---

<sup>123</sup> La quantité de PROSorb à employer ainsi que ses fournisseurs sont détaillés à l'annexe 6, p.109.

<sup>124</sup> Jacot, 2003, p.32

<sup>125</sup> Ibidem, p.33

<sup>126</sup> La quantité de charbon actif à employer ainsi que ses fournisseurs sont détaillés à l'annexe 6, p.111.

<sup>127</sup> Car le charbon actif sous forme granulaire a tendance à devenir poudreux.

<sup>128</sup> Grosjean et Parmar, 1991, p.129

*vitrines du Metropolitan Museum of Art pour absorber les gaz responsables du ternissement d'objets argentés<sup>129</sup>.)*

## 5.7 Définition des niveaux de performance complémentaires

### 5.7.1 Résistance mécanique à l'effraction

Les compartiments d'exposition, de micro-climatisation et les tiroirs bénéficieront d'un système de *serrure de sûreté\** mécanique avec *clé protégée\**. Si possible, il y aura des points de fermeture différents pour le compartiment d'exposition et les tiroirs de rangement. Ces points de fermeture seront aussi discrets que possible.

Les matériaux de construction offriront une excellente stabilité structurelle<sup>130</sup>. Le verre employé pour le compartiment d'exposition doit avoir des qualités de retardateur d'effraction<sup>131</sup> et être suffisamment bien scellé au support. Les parties non vitrées présenteront une résistance équivalente à celle des vitrages et se composeront d'éléments non démontables avec des outils d'usage courant<sup>132</sup>. Les assemblages et les collages des différentes parties des vitrines doivent être de qualité<sup>133</sup> et ne pas permettre l'intrusion d'un tournevis entre les panneaux de métal ou de verre pour forcer l'ouverture. Le couvent ne souhaite pas assujettir les vitrines à un système d'alarme.

### 5.7.2 Conditions d'exposition lumineuse

Le couvent souhaite étudier la possibilité d'intégrer un éclairage aux vitrines. L'éclairage sera doté d'un *indice de rendu des couleurs (IRC)\** de minimum 85 et d'une *température de couleur\** autour de 3500 à 5000K (impression colorée neutre)<sup>134</sup>. La *composition spectrale\** de la source choisie doit être connue, et il convient de privilégier les spectres présentant le moins de pics, particulièrement dans la région des ultraviolets et des infrarouges.

Dans le cas où l'on utilise :

---

<sup>129</sup> Dandridge, 2005, p.179

<sup>130</sup> Jacot, 2003, p.23

<sup>131</sup> Un verre feuilleté de 2x5mm avec 2 films PVB de 0.38mm offriront un degré de protection suffisant à notre cas de vitrine. Pour comparaison, les assurances exigent que les vitrines de bijouteries soient composées de deux verres de 8mm et 16 films de PVB de 0.38 mm. Information recueillie auprès de Monsieur Jean-Pierre Burgener le 22 juin 2015.

<sup>132</sup> AFNOR, 2007, p.7

<sup>133</sup> Jacot, 2003, p.23

<sup>134</sup> Ezrati, 2002, p.45

- des lampes à incandescence : elles seront placées à l'extérieur du compartiment d'exposition, car les infrarouges qu'elles dégagent provoquent une augmentation de la température qui peut perturber l'hygrométrie dans le compartiment d'exposition.
- des lampes à fibres optiques : le générateur sera situé dans un compartiment technique ventilé et sans contact avec le compartiment d'exposition ou de micro-climatisation, car il dégage beaucoup de chaleur.
- des lampes fluorescentes : elles seront équipées d'un filtre anti-UV car elles ont tendance à émettre des ultraviolets.
- des plaques électroluminescentes ou des diodes : n'émettant pas dans l'infrarouge et l'ultraviolet, elles peuvent être placées dans le compartiment d'exposition<sup>135</sup>.

Dans tous les cas, le générateur de lumière sera placé dans un compartiment distinct du compartiment d'exposition ou de micro-climatisation. Les lampes employées seront orientables et si possible dotées d'un variateur de lumière. Le mandataire fournira au couvent une fiche sur la composition spectrale de la source employée, son IRC et sa température de couleur.

#### *5.7.3 Stabilité structurelle*

Les vitrines bénéficieront d'une excellente stabilité structurelle et ne pourront pas être renversées accidentellement<sup>136</sup>, en raison de la maladresse ou de la turbulence de visiteurs. Leur conception permettra de limiter la transmission de vibrations au plateau d'exposition (avec des patins amortisseurs p.ex.). Le piètement des vitrines doit permettre de mettre à plat les ouvrages même sur un sol irrégulier ou en légère pente (grâce à des pieds réglables aux angles p.ex.). La qualité du verre et l'assemblage des plaques vitrées doit tenir compte du risque de flexion dû à leur taille.

#### *5.7.4 Résistance au feu*

Le prestataire fournira les informations concernant le comportement au feu des matériaux qu'il emploie pour la construction des vitrines, afin que l'on puisse savoir à quel degré de protection s'attendre en cas d'incendie.

Ces informations s'appuieront sur le classement proposé par l'Association des établissements cantonaux d'assurance incendie (AEAI, Suisse) sur la résistance au feu ou le degré de combustibilité, ou sur le classement européen Euroclasse du degré d'inflammabilité (norme EN 13501-1)<sup>137</sup>.

---

<sup>135</sup> AFNOR, 2007, p.9

<sup>136</sup> CNPP, 2010, p.167

<sup>137</sup> Voir annexe 5 p.98-100



## **5.8 Définition des modes de contrôles des performances**

Le couvent de Magdenau peut s'assurer que les niveaux de performances des vitrines reçues soient conformes aux prescriptions énoncées ci-dessus. En cas de non-conformité d'un aspect explicité dans ce cahier des charges, l'entreprise s'engage à effectuer les corrections nécessaires pour y remédier et à réparer les parties défectueuses ou détériorées constatées.

### *5.8.1 Évaluation générale du prototype*

Après positionnement des vitrines dans la salle, le couvent contrôlera leur stabilité mécanique, leur résistance au basculement et aux vibrations. D'autre part, il vérifiera que l'ouverture du compartiment d'exposition permette la manipulation confortable des objets et s'assurera du bon accès aux différents compartiments. Il contrôlera également que les vitrages employés permettent une bonne lisibilité des objets (pas de teinte ou de reflet parasite).

### *5.8.2 Mesure de l'étanchéité à l'air*

Les vitrines peuvent être soumises à des tests d'étanchéité. Dans ce cas, elles seront individuellement soumises deux fois à un test employant un gaz traceur (du gaz carbonique p.ex.) selon une méthode développée en 2005<sup>138</sup>.

### *5.8.3 Mesures climatiques*

Un capteur climatique placé à l'intérieur du volume d'exposition un à deux mois permettra de suivre son évolution climatique et de tester l'efficacité du gel de silice. Les données enregistrées permettront d'apprécier l'effet de régulation climatique des vitrines. Elles seront comparées au climat de la salle d'exposition.

### *5.8.4 Mesure des rayonnements lumineux*

Les rayonnements lumineux et ultraviolets des lampes employées dans les vitrines peuvent être mesurés au moyen d'un lux-mètre et d'un UV-mètre.

---

<sup>138</sup> Calver *et al.*, 2005

#### *5.8.5 Obtention d'une liste avec tous les matériaux*

Le mandataire fournira une liste de tous les matériaux constitutifs des vitrines accompagnée de leur fiche technique, de leur *fiche de données de sécurité*\* (FDS) et de l'indication de leur résistance au feu. Si possible, elle remettra au couvent les échantillons des matériaux employés.

#### *5.8.6 Test de vieillissement accéléré des matériaux*

Le couvent peut soumettre les matériaux constitutifs des vitrines à un test de vieillissement accéléré (test d'Oddy) pour vérifier qu'ils soient conformes aux prescriptions du chapitre 5.5 et qu'ils ne présentent pas de risques particulier pour les objets exposés.

### **5.9 Prestations fournies par le mandataire**

#### *5.9.1 Conception et réalisation des vitrines*

L'entreprise mandatée est chargée de la conception et de la réalisation des vitrines. Elle propose les adaptations nécessaires respectant les principes techniques et esthétiques précédemment expliqués dans ce document. Elle devra en outre fournir les plans et les détails de fabrication de ses ouvrages, avec représentation de tous les mouvements et débattements des éléments mobiles.

#### *5.9.2 Livraison*

L'entreprise livre les vitrines dans la salle qui aura été choisie pour les accueillir.

#### *5.9.3 Montage et mise en place*

L'entreprise monte et assemble entièrement les vitrines, elle effectue les raccordements électriques nécessaires et procède à une optimisation des équipements sur site.

#### *5.9.4 Nettoyage de mise en service*

Le mandataire effectue le nettoyage des compartiments des vitrines ainsi que des vitrages aux deux faces après pose.

### *5.9.5 Livraison des pièces de rechange et/ou de consommables*

L'entreprise remet au couvent les pièces de rechange ou les consommables suivants :

- Ampoules des lampes des vitrines
- Toute autre fourniture convenue entre le couvent et le mandataire

### *5.9.6 Maintenance*

Selon une durée et une fréquence convenue entre le couvent et l'entreprise, celle-ci s'engage à :

- Contrôler les modes de fermeture et à les remplacer si cela s'avère nécessaire.
- Contrôler les fixations et l'état des différents assemblages et les régler si cela s'avère nécessaire.
- Contrôler l'état des joints et des éléments d'étanchéité et les remplacer si cela s'avère nécessaire.

## **PARTIE III - SPECIFICATIONS TECHNIQUES DE CHAQUE VITRINE**

### **5.10 Clauses techniques**

#### *5.10.1 Dimensions spécifiques du compartiment d'exposition*

Dimensions minimales<sup>139</sup> pour le compartiment d'exposition de la vitrine D064 :

- Hauteur : 915 mm
- Largeur : 666 mm
- Profondeur : 645 mm

Dimensions minimales pour le compartiment d'exposition des vitrines D070 (a ou b) :

- Hauteur : 910 mm
- Largeur : 994 mm
- Profondeur : 675 mm

---

<sup>139</sup> Ces dimensions tiennent compte du coefficient de manipulation des reliquaires, voir annexe 5, p.100.

### *5.10.2 Autres compartiments*

Tiroir de micro-climatisation : lorsqu'il est fermé, il forme un volume étanche avec le compartiment d'exposition. Pour permettre un bon brassage de l'air, ce tiroir communique avec le compartiment d'exposition par des perforations représentant une surface d'échange d'environ 30%<sup>140</sup>.

La hauteur de ce tiroir est imposée par la hauteur de caissettes de gel de silice<sup>141</sup>, des sachets de charbon actif et d'un capteur climatique le cas échéant.

Tiroirs de rangement : chaque vitrine sera équipée de trois à quatre tiroirs placés sous le tiroir de micro-climatisation. Ils feront environ 10 cm de hauteur chacun.

---

<sup>140</sup> Thickett et *al.*, 2008, p.779

<sup>141</sup> Une caissette de PROSorb® de 950 g de chez *Long Life for Art* (référence en annexe 6, p.110) mesure 44 mm de haut. Le tiroir de micro-climatisation des vitrines existantes au couvent fait 85 mm de haut.

## Discussion et perspectives

La rédaction d'un cahier des charges pour la conception des vitrines des reliquaires de Sainte-Théodora était le but de notre travail. Pour ce faire, nous avons étudié les besoins expographiques du couvent, les contraintes de conservation des reliquaires de Sainte-Théodora et les conditions environnementales existantes de deux salles d'exposition à Magdenau.

Nous avons réalisé le cahier des charges de sorte qu'il informe le mandataire du projet d'exposition des reliquaires, qu'il décrive les fonctionnalités des futures vitrines et qu'il spécifie les choix techniques dont devraient bénéficier les ouvrages pour prévenir et ralentir des altérations physico-chimiques des reliquaires, tout en leur assurant une bonne visibilité. Le couvent pourra traduire ce document en allemand si nécessaire, et décider des parties qu'il transmettra au mandataire.

Finalement, ce cahier des charges ne donne pas de spécifications particulières selon le choix final de la salle d'exposition. En effet, les conditions de conservation existantes du Vestibule et de l'église ne se sont pas suffisamment démarquées l'une de l'autre pour cela. Cela signifie également que d'un point de vue conservatoire, les deux salles présentent les mêmes avantages et contraintes pour l'exposition des reliquaires. Il appartiendra au couvent de se prononcer sur leurs qualités expographiques respectives pour les départager.

Le type de vitrine que nous proposons dans ce document (à compartiment d'exposition étanche avec régulation passive de l'hygrométrie et des polluants) est similaire aux vitrines déjà présentes à Magdenau. Aussi, la maintenance liée au gel de silice et au charbon actif est déjà connue des responsables des biens culturels de l'institution.

Le couvent nous a affirmé ne pas avoir besoin de service de maintenance des vitrines par le futur prestataire. Il ne pense pas non plus procéder à des contrôles des performances des ouvrages. Nous avons toutefois pris le parti de développer ces aspects dans le cahier des charges, car nous estimons qu'ils sont importants, en particulier en ce qui concerne le contrôle de l'étanchéité des vitrines et de leurs performances climatiques.

Comme perspectives futures, nous souhaiterions proposer au couvent de placer des plaquettes témoins en argent dans les vitrines afin de surveiller le ternissement des éléments en argent des reliquaires. Un suivi photographique permettrait d'apprécier la protection qu'offrent les vitrines contre les gaz responsables de la corrosion de ce métal<sup>142</sup>. Ces plaquettes en argent seraient également un moyen d'évaluer l'étanchéité des ouvrages si l'institution religieuse renonçait à les soumettre à des

---

<sup>142</sup> Proposition de Madame Denise Witshard recueillie le 8 mai 2015

tests d'étanchéité. Nous suggérons également de procéder à un constat d'état attentif des objets au moins une fois par année par un conservateur-restaurateur<sup>143</sup>.

Enfin, nous mettons en garde le couvent sur la difficulté d'éclairer des reliquaires. En effet, une attention particulière devra être portée au choix de l'éclairage des vitrines si l'on souhaite créer une ambiance propice à l'exposition d'objets religieux et contenant des restes humains. En outre, l'éclairage de surfaces en argent peut s'avérer délicat et mérite également une certaine réflexion quant au choix des lampes et de leur emplacement<sup>144</sup>.

---

<sup>143</sup> Autre proposition de Madame Denise Witshard recueillie le 8 mai 2015

<sup>144</sup> Information recueillie auprès de Madame Denise Witshard le 8 mai 2015

## Conclusion générale

Le but de ce travail était de rédiger un cahier des charges que le couvent de Magdenau pourrait remettre à un fabricant pour la conception de vitrines pour trois reliquaires. Le résultat est un document de 16 pages dont les spécifications techniques permettent d'intégrer des mesures de conservation préventive à l'exposition des objets. Il répond également aux principaux besoins en termes d'esthétique et de fonctionnalité voulu par l'institution religieuse.

Ce cahier des charges, accompagné de croquis d'intention, servira de base de discussion entre le couvent et le futur prestataire. En effet, ce document seul ne peut régler tous les détails qui concernent la conception des vitrines. Une discussion entre le mandataire et le prestataire doit permettre de régler les points non traités tel que le choix final du type d'éclairage ou de l'emplacement du capteur climatique dans la vitrine par exemple. La présentation de différents modèles de vitrines aux responsables de l'exposition des reliquaires leur permettrait certainement de prendre une décision sur ces aspects.

S'il prend part aux choix techniques assurant la conservation des objets exposés, le cahier des charges aborde plutôt superficiellement les questions liées à l'esthétique des vitrines et la « restitution » visuelle des reliquaires. Ces aspects pourraient être davantage développés avec le concours d'un spécialiste tel qu'un muséographe par exemple. A cette fin, il serait utile que le couvent fasse choisisse la salle définitive pour la présentation des reliquaires. En effet, si les vitrines sont installées dans le Vestibule, leur design devrait s'harmoniser avec celui des vitrines déjà présentes. En revanche, davantage de liberté concernant leur apparence pourrait être prise si les ouvrages sont installés dans l'église.

Nous concluons en nous demandant jusqu'à quel niveau de précision devrait-on rédiger un cahier des charges permettant de concevoir des vitrines. Ce dernier pourrait être toujours plus complet. Plus il impose de spécifications, plus nous nous protégeons de mauvaises surprises à la réception de vitrines. Cependant, en le rendant trop exhaustif et trop précis, ne prenons-nous pas le risque de décourager le prestataire à proposer des éléments techniques intéressants tirés de son expérience ?

Nous pensons qu'il est nécessaire de définir clairement ce que l'on attend des vitrines du point de vue conservatoire et expographique. Ces éléments sur lesquels l'on ne peut pas transiger pourraient figurer dans un premier temps dans le cahier des charges. Ce dernier pourrait alors être modifié après consultation d'un ou de plusieurs fabricants de vitrines.

## Références bibliographiques

- AFNOR, 2007 : Association française de normalisation (AFNOR). *Norme expérimentale XP X80-002. Recommandations pour concevoir, aménager, choisir et utiliser une vitrine d'exposition de biens culturels*. AFNOR, Saint-Denis, 2007.
- AFNOR, 2014 : Association française de normalisation (AFNOR). *Spécification technique XP CEN/TS 16163. Lignes directrices et procédures concernant le choix d'un éclairage adapté pour les expositions en intérieur - Conservation des biens culturels*. AFNOR, Saint-Denis, 2014.
- Alcouffe et Setton, 2001 : Alcouffe, Daniel et Setton, Jeanne-Marie. « Le Verre ». In Stefanaggi, Marcel (coord.). *Préserver les objets de son patrimoine, précis de conservation préventive*. Mardaga, Sprimont, 2001, p.95-100.
- Ankersmit, 2000 : Ankersmit, Hubertus. « The protection of silver collections from tarnishing ». In Roy and Smith (ed.) *Tradition and innovation: advances in conservation. Contributions to the IIC Melbourne congress, 10-14 October 2000*. International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, London, 2010, p.7-13.
- Autriche : Vol de 78 reliques dans une chapelle, 2014 [en ligne] : *Autriche : Vol de 78 reliques dans une chapelle* [En ligne]. Portail Catholique Suisse [consulté le 13 juin 2015]. <http://www.cath.ch/newsf/autriche-vol-de-78-reliques-dans-une-chapelle/>
- Beldjouji *et al.*, 1999 : Beldjouji, Tayeb *et al.* « Étude prédictive de la sulfuration d'objets métalliques argentés ». *La lettre de l'OCIM*, n°66, 1999, p.25-30.
- Blais et Gagnon, 2007 : Blais, Andrée et Gagnon, Anne-Sophie. *Réaliser une exposition, guide pratique*. Service de soutien aux institutions muséales, Québec, 2007.
- Boersma, 2007 : Boersma, Foekje. *Unravelling Textiles, A Handbook for the preservation of textile collections*. Archetype publications, London, 2007.
- Bone, Antler, Ivory, and Teeth, 2009 [en ligne]. *Bone, Antler, Ivory, and Teeth* [En ligne]. Minnesota Historical Society, 2009 [consulté le 22 mai 2015]. [http://www.mnhs.org/preserve/conservation/connectingmn/docs\\_pdfs/repurposedbook-bone...\\_000.pdf](http://www.mnhs.org/preserve/conservation/connectingmn/docs_pdfs/repurposedbook-bone..._000.pdf)



Calver *et al.*, 2005 : Calver, Andrew *et al.* « Simple methods to measure air exchange rates and detect leaks in display storage enclosures ». In *ICOM-CC Preprints of the 14th Triennial Meeting, The Hague, 12-16 September 2005*. James&James, London, p.597-609.

Cassman *et al.*, 2007 : Cassman, Vicki *et al.* *Human remains - Guide for Museums and Academic Institutions*. AltaMira Press, Oxford, 2007.

Classification selon l'AEAI sur les Matériaux de construction, 2015 [en ligne] : *Classification selon l'AEAI sur les Matériaux de construction* [En ligne]. Association des établissements cantonaux d'assurance incendie, 2015 [consulté le 23 juin 2015].  
<http://www.praever.ch/fr/bs/reg/info/klassierung/Seiten/default.aspx>

CNPP, 2010 : CNPP Entreprise (expert en prévention et en maîtrise des risques). *Traité pratique de sûreté malveillance*. CNPP, Saint-Marcel, 2009.

Comment prendre soin des meubles en bois, 2014 [en ligne] : *Comment prendre soin de ses meubles en bois* [En ligne]. Institut Canadien de Conservation, 2014 [consulté le 15 mai 2015].  
<http://www.cci-icc.gc.ca/resources-ressources/objectscollectionsobjets/furniture-meubles/449-fra.aspx>

Costa, 2001 : Costa, Virginia. « The deterioration of silver alloys and some aspects of their conservation ». *Reviews in Conservation*, n°2, 2001, p. 18-34.

Dandridge, 2005 : Dandridge, Pete. « *The exhibition of unlacquered silver at the Metropolitan Museum of Art* ». *Journal of the American Institute for Conservation*, vol.44, n°3, 2005, p.175-183.

Database of materials tests results, 2015 [en ligne] : *Database of materials tests results (Oddy test results)* [En ligne]. The British Museum, 2015 [consulté le 24 juin 2015].  
[http://www.britishmuseum.org/docs/BM\\_Materials\\_Database\\_Webversion\\_June\\_2015.xlsx](http://www.britishmuseum.org/docs/BM_Materials_Database_Webversion_June_2015.xlsx)

De Poorter *et al.*, 2013 : De Poorter, Alexandra *et al.* *Châsses du Moyen Âge à nos jours, catalogue d'exposition*. Archéoforum, Liège, 2013.

Dictionnaire historique de la Suisse, 2015 [en ligne] : *Dictionnaire historique de la Suisse* [En ligne]. Dictionnaire historique de la Suisse, 2015 [consulté le 11 mai 2015]. <http://www.hls-dhs-dss.ch/f/home>

Directives de protection incendie pour les matériaux et éléments de construction, 2015 : *Directives de protection incendie pour les matériaux et éléments de construction*. Association des établissements cantonaux d'assurance incendie (AEAI), Berne, 2015.

Eggert, 2015 : Gerhard Egger. « A short history of GIMME Research ». In Eggert, Gerhard und Andrea Fischer (éd.). *Glass Deterioration Colloquium - extended abstracts : State Academy of Art and Design Stuttgart, Feb. 20th & 21st*. Staatliche Akademie der Bildenden Künste, Stuttgart, 2015, p.31-33.

Ezrati, 2002 : Ezrati, Jean-Jacques. *Théorie, technique et technologie de l'éclairage muséographie*. Éditions AS, Paris, 2002.

Fiche de données de sécurité, 2015 [en ligne] : *Fiche de données de sécurité* [En ligne]. Secrétariat d'Etat à l'Economie (SECO), 2015 [consulté le 23 juin 2015]. <http://www.seco.admin.ch/themen/00385/02071/02252/index.html?lang=fr>

Florian, 1997 : Florian, Mary-Lou. *Heritage Eaters, insects and fungi in heritage collections*. James and James, London, 1997.

Grosjean et Parmar, 1991 : Grosjean, Daniel et Sasha Parmar. « Removal of air pollutant mixtures from museum display cases ». *Studies in Conservation*, vol. 36, n°3, p.129-141.

Guide interactif de conservation préventive, 2015 [en ligne] : *Guide interactif de conservation préventive* [En ligne]. Service du Patrimoine culturel de la Fédération Wallonie-Bruxelles, 2015 [consulté le 28 mai 2015]. <http://www.conservationpreventive.be/site/index.php>

Hatchfield, 2002 : Hatchfield, Pamela. *Pollutants in the museum environment - practical strategies for problem solving in design, exhibition and storage*. Archetype Publications, London, 2002.

Jacot, 2003 : Jacot, Thierry. *La vitrine d'exposition: un outil de conservation préventive intégré*. Mémoire de DESS de conservation préventive des biens culturels, Université de Paris 1, Panthéon-Sorbonne, 2003, *non publié*.

Lehnherr, 2004 : Lehnherr, Yvonne. « Présence et absence: à propos des reliques et des reliquaires ». In *Au-delà du visible, reliquaires et travaux de couvent*. Musée d'art et d'Histoire, Fribourg, 2004, p.19 à 25.

Lemoine et Guilminot, 2009 : Lemoine, Gwenaël et Guilminot Élodie. « La problématique du dégraissage de squelettes ». *La lettre de l'OCIM*, n°122, 2009, p.12 à 18.

Lepage, 2011 [en ligne] : Lepage, Michèle. « Le soin des sculptures ». In *Centre de Conservation du Québec* [En ligne]. Ministère de la Culture et des Communications du Québec, 2011 [consulté le 16 mai 2015]. <http://www.ccq.gouv.qc.ca/index.php?id=205>

Li, 2012 : Ning Li. *Mécanismes de corrosion des couches minces d'argent en milieu sulfuré*. Université Pierre et Marie Curie, Paris, 2012.

Lin *et al.*, 2013 : Lin, Huang *et al.* « Analysis of Ag corrosion products ». *Journal of The Electrochemical Society*, vol. 160, n°8, 2013, p.345-355.

Locke, 2013 : Locke, Michael. *Bone, Ivory and Horn. Identifying natural materials*. Shiffer Publishing, Atglen, 2013.

Masamitsu, 1996 [en ligne] : Masamitsu, Inaba. « Tarnishing of Silver: A Short Review ». In *Victoria & Albert Museum* [En ligne]. Victoria & Albert Museum, 1996 [consulté le 13 mai 2015]. <http://www.vam.ac.uk/content/journals/conservation-journal/issue-18/tarnishing-of-silver-a-short-review/>

Mailand, 1999 : Mailand, Harold. *Preserving textiles*. Indianapolis Museum of Art, Indianapolis, 1999.

McGiffin, 2002 : McGiffin, Robert. *Furniture care and conservation*. Troisième édition. American Association for State and Local History, Nashville, 2002.

Michalski, 2013a [en ligne] : Michalski, Stefan. « Agent de détérioration: Humidité relative inadéquate ». In *Institut Canadien de Conservation* [En ligne]. Institut Canadien de Conservation, 2013 [consulté le 16 mai 2015]. <https://www.cci-icc.gc.ca/resources-ressources/agentsofdeterioration-agentsdedeterioration/chap10-fra.aspx#toc1>

MétéoSuisse, 2015 [en ligne] : *MétéoSuisse, Site de l'Office fédéral de météorologie et climatologie* [En ligne]. Département fédéral de l'intérieur, 2015 [consulté le 14.05.2015]. <http://www.meteosuisse.admin.ch/home.html?tab=alarm>

Michalski, 2013b [En ligne] : Michalski, Stefan. « Agent de détérioration : la lumière, l'ultraviolet, et l'infrarouge ». In *Institut Canadien de Conservation* [En ligne]. Institut Canadien de

Conservation, 2013 [consulté le 16 mai 2015].  
<http://www.cciicc.gc.ca/resourcesressources/agentsofdeteriorationagentsdedeterioration/chap08fra.aspx>

Mimoun, 2011 : Mimoun, Sabria. *Oxydation du sulfure d'hydrogène par les cellules épithéliales coliques: une voie métabolique de détoxification et de production d'énergie*. Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, Paris, 2011.

Museon Arlaten, 2014 : Museon Arlaten. *Vitrines d'exposition collections muséales*. Cahier des charges pour la réalisation de vitrines d'exposition, Arles, 2014, *non publié*.

NABEL, 2014 [en ligne] : *Réseau national d'observation des polluants atmosphériques (NABEL)* [En ligne]. Office fédéral de l'environnement, 2014 [consulté le 2 juin 2015].  
<http://www.bafu.admin.ch/luft/00612/00625/index.html?lang=fr>

Note de l'ICC 6/1, 2010 [en ligne] : *Entretien des objets en ivoire, en os, en corne et en bois de cervidé - Notes de l'ICC 6/1* [En ligne]. Institut Canadien de Conservation, 2010 [consulté le 24 mai 2015]. <http://www.cci-icc.gc.ca/resources-ressources/ccinotesicc/6-1-fra.aspx>

Notes de l'ICC 9/2, 2013 [en ligne] : *Mise en réserve des métaux - Notes de l'ICC 9/2* [En ligne]. Institut Canadien de Conservation, 2013 [consulté le 15 juin 2015]. <http://www.cci-icc.gc.ca/resources-ressources/ccinotesicc/9-2-fra.aspx>

Note de l'ICC 13/1, 2013 [en ligne] : *Les textiles et les conditions ambiantes – Notes de l'ICC 13/1* [En ligne]. Institut Canadien de Conservation, 2013 [consulté le 22 mai 2015]. <http://www.cci-icc.gc.ca/resources-ressources/ccinotesicc/13-1-fra.aspx>

Observatoire de la sécurité, 2012 [en ligne] : *Observatoire de la sécurité* [En ligne]. Groupe ASSA ABLOY, 2012 [consulté le 22 juin 2015]. <http://www.obs-delasecurite.com/fr/site/security-point-FR/Mes-Cles2/Mieux-connaître-sa-cle2/>

Pinniger, 2015 : Pinniger, David. *Integrated Pest Management in Cultural Heritage*. Archetype Publications, London, 2015.

Rager, 2004 : Rager, Geneviève. « Églises rurales: et si la conservation préventive y était possible ». *Conservation restauration des biens culturels*, n°16, 2000, p.30-32.

Réglementation sur le Classement au Feu et la Réaction au Feu, 2010 [en ligne] : *Réglementation sur le Classement au Feu et la Réaction au Feu* [En ligne]. Peroni S.p.A., 2010 [consulté le 23 juin 2015]. [http://www.peroni.com/lang\\_FR/\\_download/ClassementReactionFeu.pdf](http://www.peroni.com/lang_FR/_download/ClassementReactionFeu.pdf)

Risques sismiques, 2013 [en ligne] : *Risques sismiques* [En ligne]. République et canton du Jura, 2013 [consulté le 4 juin 2015]. [http://w3.jura.ch/plan-directeur/pdf/V\\_finales/Fiche\\_4\\_03\\_1.pdf](http://w3.jura.ch/plan-directeur/pdf/V_finales/Fiche_4_03_1.pdf)

Saint Victor, 2003 : Saint-Victor, Bruno de. « Le patrimoine mobilier culturel: domanialité, affectation, classement. Le cas particulier des reliques ». In Sire, Marie-Anne et al. (dir.) *Trésors d'église et de cathédrales en France: comment aménager, gérer et ouvrir au public un trésor d'objets religieux*. Ministère de la culture et de la communication, Paris, 2003, p.43-53.

Selwyn, 2004 : Selwyn, Lyndsie. *Métaux et corrosion. Un manuel pour le professionnel de la conservation*. Institut canadien de conservation, Ottawa, 2004.

Tétreault, 1992 : Tétreault, Jean. « Matériaux de construction, matériaux de destruction ». In *La conservation préventive, Paris, 8, 9 et 10 octobre 1992 : colloque sur la conservation-restauration des biens culturels. 3e colloque de l'Association des restaurateurs d'art et d'archéologie de formation universitaire*. ARAAFU, Paris, 1992, p.163-176.

Tétreault, 2003 : Tétreault, Jean. *Polluants dans les musées et les archives : évaluation des risques, stratégies de contrôle et gestion de la préservation*. Institut Canadien de Conservation, Ottawa, 2003.

Tétreault et Scott, 1993 : Tétreault, Jean and Scott, Williams. *Guidelines for Selecting Materials for Exhibit, Storage and Transportation*. Canadian Conservation Institute, Ottawa, 1993.

Thickett et Lee, 2004 : Thickett, David and Lee, Lorna. *Selection of materials for the storage or Display of museum objects*. The British Museum, London, 2004.

Trémain, 2013 [en ligne] : Tremain, David. « Agent de détérioration : Vol et vandalisme » In *Institut canadien de conservation* [En ligne]. Institut canadien de conservation, 2013 [consulté le 17 juin 2015]. <http://www.cci-icc.gc.ca/resources-ressources/agentsofdeterioration-agentsdedeterioration/chap02-fra.aspx>

Uldry, 2015 : Uldry, Stéphanie. *Traitement de restauration du reliquaire D064, Couvent de Magdenau*. Rapport d'intervention, Neuchâtel, 2015, *non publié*.

Vol d'une relique imprégnée du sang de Jean-Paul II, 2014 [en ligne] : *Vol d'une relique imprégnée du sang de Jean-Paul II* [En ligne]. Libération, 2014 [consulté le 13 juin 2015]. [http://www.liberation.fr/monde/2014/01/27/vol-d-une-fiole-contenant-le-sang-de-jean-paul-ii\\_975805](http://www.liberation.fr/monde/2014/01/27/vol-d-une-fiole-contenant-le-sang-de-jean-paul-ii_975805)

Von Lerber, 2000 : Von Lerber, Karin. « De la conservation à la sensibilisation: l'aménagement de sacristies avec la collaboration des bénévoles ». In Penez, Catherine et al. (dir.) *Regards sur le patrimoine religieux, de la sauvegarde à la présentation, Actes du colloque de l'Association des conservateurs des antiquités et objets d'art de France, tenu à Bourg-en-Bresse et à Belley du 30 septembre au 2 octobre 1999*. Actes Sud, Arles, 2000, p.88-94.

Weidmann, 2003 : Weidmann, Markus. *Tremblements de terre en Suisse*. Verlag Desertina, Coire, 2003.

Weintraub, Steven. « Demystifying Silica Gel ». *Objects Specialty Group Postprints*, vol.9, 2002, p.169-194.

## Liste des figures

Figure 1: vue du couvent de Magdenau dans le canton de Saint-Gall. ©Kloster Magdenau.....	10
Figure 2: gravure de Sainte-Theodora, 1622. ©Kloster Magdenau.....	11
Figure 3: soeur Assumpta faisant la visite à un groupe. ©Tagblatt.....	12
Figure 4: vue du Vestibule. ©P. Lehmann.....	13
Figure 5: vue de l'intérieur de l'église depuis le fond nord-est. ©HECR, G. Zucchetti.....	14
Figure 6: vue de l'intérieur de la salle Pietà. ©HECR, G. Zucchetti.....	14
Figure 7: reliquaire D064 vu de face ©HECR, S. Uldry.....	15
Figure 8: crâne du reliquaire D064 vu de profil. ©HECR, S. Uldry.....	15
Figure 9: reliquaire D070a vu de face. ©HECR, G. Zucchetti.....	17
Figure 10: reliques D070a sur la structure en bois recouvert de textile rouge. ©HECR, G. Zucchetti..	17
Figure 11: reliquaire D070b vu de face. ©HECR, G. Zucchetti.....	17
Figure 12: vue de côté des reliques D070a et de la structure portante. ©HECR, G. Zucchetti.....	17
Figure 13: illustration de Théodora à l'occasion du bicentenaire de la translation des reliques. 1862. ©Kloster Magdenau.....	18
Figure 14: exemple d'un reliquaire en procession (Abbaye de Saint-Maurice d'Agaune, Suisse). ©A.Schafer.....	19
Figure 15: exemple d'éléments en bois qui se sont détachés du coffre (D064). ©HECR, S.Uldry.....	24
Figure 16: diagramme en radar du Vestibule et de l'église. ©HECR, G. Zucchetti.....	26
Figure 17: graphique des valeurs thermo-hygrométriques enregistrées au Vestibule. ©HECR, G. Zucchetti.....	28
Figure 18: graphique de la dispersion des valeurs thermo-hygrométriques enregistrées au Vestibule. ©HECR, G. Zucchetti.....	29
Figure 19: graphique des valeurs thermo-hygrométriques enregistrées à l'église. ©HECR, G. Zucchetti .....	30
Figure 20: graphique de la dispersion des valeurs thermo-hygrométriques enregistrées à l'église. ©HECR, G. Zucchetti.....	31
Figure 21: illustration de la règle des "100, 10, 1". ©HECR, G. Zucchetti.....	32
Figure 22: sculpture en argent derrière l'autel de l'église. ©HECR, G. Zucchetti.....	33
Figure 23: diverses situations et éclairage lumineux correspondant. ©ICC, S. Michalski.....	35
Figure 24: reliquaire D064. ©HECR, S. Uldry.....	40
Figure 25: reliquaire D070a. ©HECR, G. Zucchetti.....	40
Figure 26: reliquaire D070b. ©HECR, G. Zucchetti.....	40
Figure 27: reliquaire D064 vu de profil (avant traitement). ©HECR, S. Uldry.....	74
Figure 28: crâne du reliquaire D064 vu de face. ©HECR, S. Uldry.....	74
Figure 29: couvercle en dôme (après traitement). ©HECR, S. Uldry.....	74
Figure 30: reliquaire D064 après traitement (sans reliques). © HECR, S. Uldry.....	74

Figure 31: reliques du reliquaire D070a. ©HECR, G. Zucchetti.....	75
Figure 32: reliquaire D070b vu de profil. ©HECR, G. Zucchetti.....	75
Figure 33: reliques D070a vu du haut. ©HECR, G. Zucchetti.....	75
Figure 34: tiare du reliquaire D064. ©HECR, S. Uldry.....	75
Figure 35: les trois vitrines existantes au Vestibule. ©HECR, G. Zucchetti.....	76
Figure 36 : vitrine avec statue. ©HECR, G. Zucchetti.....	76
Figure 37 une chambre historique visitée au couvent. ©P. Lehmann.....	76
Figure 38: Prospectus à l'attention des visiteurs dans le Vestibule. ©HECR, G. Zucchetti.....	76
Figure 39: église, vue de l'orgue et des stalles (extrémité nord est). ©P. Lehmann.....	77
Figure 40: cérémonie religieuse à l'église. ©Kloster Magdenau.....	77
Figure 41: autel de l'église du cœur de l'église. ©HECR, G. Zucchetti.....	77
Figure 42: la chapelle latérale pour les paroissiens. ©HECR, G. Zucchetti.....	77
Figure 43: vue de l'autel et de la sculpture argentée représentant l'assomption de la Vierge. ©Kloster Magdenau.....	78
Figure 44: orgue sur lequel a été posé le capteur climatique. ©HECR, G. Zucchetti.....	78
Figure 45: suspension lumineuse de l'église. ©HECR, G. Zucchetti.....	78
Figure 46: spots lumineux de l'église. ©HECR, G. Zucchetti.....	78
Figure 47: plan d'ensemble des bâtiments du couvent de Magdenau. ©Kloster Magdenau.....	79
Figure 48: situation du Vestibule et des salles visitées au deuxième étage. ©Kloster Magdenau.....	80
Figure 49: situation de l'église à l'entresol. ©Kloster Magdenau.....	81
Figure 50 : dimensions et localisation de la zone destinée à l'installation des vitrines au Vestibule. ©HECR, G. Zucchetti.....	82
Figure 51: localisation du capteur climatique et des mesures de la lumière au Vestibule. ©HECR, G. Zucchetti.....	83
Figure 52: dimensions et localisation de la zone destinée à l'installation des vitrines à l'église. ©HECR, G. Zucchetti.....	84
Figure 53: localisation du capteur climatique et des mesures de la lumière à l'église. ©HECR, G. Zucchetti.....	85
Figure 54: vocabulaire de la vitrine employé dans le cahier des charges. ©HECR, G. Zucchetti.....	86
Figure 55: croquis d'intention de la vitrine du reliquaire D064. ©HECR, G. Zucchetti.....	87
Figure 56: croquis d'intention de la vitrine du reliquaire D070. ©HECR, G. Zucchetti.....	88
Figure 57: graphique des valeurs thermo-hygrométriques enregistrées au Vestibule et à l'extérieur. ©HECR, G. Zucchetti.....	89
Figure 58: graphique des valeurs thermo-hygrométriques et du rapport de mélange au Vestibule du 25 au 26 mars 2015. ©HECR, G. Zucchetti.....	89
Figure 59: graphique des valeurs thermo-hygrométriques enregistrées au Vestibule le 6 février 2015. ©HECR, G. Zucchetti.....	90



Figure 60: graphique des valeurs thermo-hygrométriques enregistrées au Vestibule le 6 mars 2015. ©HECR, G. Zucchetti .....	90
Figure 61: graphique des valeurs thermo-hygrométriques enregistrées au Vestibule le 3 avril 2015. ©HECR, G. Zucchetti .....	90
Figure 62: graphique des valeurs thermo-hygrométriques enregistrées au Vestibule le 1er mai 2015. ©HECR, G. Zucchetti .....	90
Figure 63: répartitions des fluctuations hygrométriques enregistrées au Vestibule. ©HECR, G. Zucchetti.....	91
Figure 64: graphique des valeurs thermo-hygrométriques enregistrées à l'église et à l'extérieur. ©HECR, G. Zucchetti .....	91
Figure 65: graphique des valeurs thermo-hygrométriques enregistrées à l'église et à l'extérieur du 1 <sup>er</sup> au 28 février 2015. ©HECR, G. Zucchetti.....	92
Figure 66: graphique l'évolution de la température, de l'humidité relative et du rapport de mélange dans l'église du 9 au 15 février 2015. ©HECR, G. Zucchetti.....	92
Figure 67: répartitions des fluctuations hygrométriques à l'église. ©HECR, G. Zucchetti.....	93
Figure 68 : schéma de la corrosion de l'argent par du soufre. ©HECR, G. Zucchetti.....	104

## Liste des tableaux

Tableau 1: dimensions du reliquaire D064.....	16
Tableau 2: dimensions du reliquaire D070a.....	16
Tableau 3: dimensions du reliquaire D070b.....	16
Tableau 4: valeurs thermo-hygrométriques enregistrées dans le Vestibule .....	27
Tableau 5: valeurs thermo-hygrométriques enregistrées dans l'église.....	27
Tableau 6: récapitulatif de la situation des principaux polluants des reliquaires .....	33
Tableau 7: les points forts et faibles des deux salles sur les risques d'infestation .....	34
Tableau 8: mesures de l'éclairage et des UV au Vestibule.....	36
Tableau 9: mesures de l'éclairage et des UV à l'église .....	36
Tableau 10: classification de biens culturels selon leur sensibilité à la lumière .....	94
Tableau 11: catégories ISO de sensibilité des biens culturels à la lumière .....	94
Tableau 12: directives sur l'éclairage pour les musées, les bibliothèques et les archives .....	95
Tableau 13: récapitulatif des recommandations de conservation des matériaux des reliquaires.....	95
Tableau 14: taux d'optimalité des données thermo-hygrométriques enregistrées à Magdenau .....	97
Tableau 15: services religieux hebdomadaires à l'église.....	97
Tableau 16: principales sources du sulfure d'hydrogène, du sulfure de carbone, du dioxyde de soufre et du dioxyde d'azote.....	97
Tableau 17: classification des matériaux de construction selon leur réaction au feu (RF) selon L'AEAI .....	98
Tableau 18: classification des matériaux de construction selon leur comportement au feu selon L'AEAI .....	98
Tableau 19: classification des matériaux de construction selon leur degré d'inflammabilité selon l'Euroclasse .....	99
Tableau 20: les classes réglementaires sur le comportement au feu des matériaux en France .....	99
Tableau 21: équivalence entre le classement français et le classement d'Euroclasse .....	99
Tableau 22: calcul des dimensions minimales des compartiments d'exposition tenant compte du coefficient de manipulation des objets .....	100
Tableau 23: données en "couche" récoltées à Magdenau pour analyse des risques préliminaire .....	101
Tableau 24: quantité de PROSorb® selon salle d'exposition et la vitrine .....	110
Tableau 25: quantité de charbon actif selon salle d'exposition et la vitrine .....	111

## Liste des abréviations et des sigles

<b>cm</b>	centimètre	<b>Lx</b>	lux
<b>COV</b>	composés organiques volatiles	<b>m</b>	mètre
<b>DMENO</b>	dose minimale avec effet nuisible observable	<b>m<sup>2</sup></b>	mètre carré
<b>g</b>	gramme	<b>m<sup>3</sup></b>	mètre cube
<b>HE-Arc</b>	Haute École Arc de Neuchâtel	<b>Mlx h</b>	mégalex heure
<b>ICC</b>	Institut Canadien de Conservation	<b>UV</b>	ultraviolet
<b>IRC</b>	indice de rendu des couleurs	<b>µm</b>	nanomètre
<b>K</b>	Kelvin	<b>µW/lm</b>	microwatt par lumen
<b>kg</b>	kilogramme	<b>°</b>	degré
<b>lm/W</b>	lumen par watt	<b>°C</b>	degré Celsius

## Glossaire

### Adsorption

Phénomène par lequel un matériau (souvent un solide) capte en surface des atomes ou des molécules de gaz ou de liquides de façon réversible et grâce à des liaisons faibles. L'adsorption est liée à la structure micro-poreuse du matériau.

### Authentique

Document écrit attestant l'authenticité de reliques et portant le sceau d'une autorité ecclésiastique, le plus souvent un évêque.

### Baroque

En architecture, ce style apparaît au début du 17<sup>ème</sup> siècle en Italie et se propage rapidement dans toute l'Europe. Il détourne les codes architecturaux de la Renaissance de façon plus théâtrale et ostensible et se caractérise par un usage opulent et dynamique des matières, de formes, des jeux de clair/obscur et de couleurs.

### Clé protégée

Il s'agit d'une clé dont la reproduction est assujettie à l'autorisation du propriétaire. Elle offre alors la garantie de ne pas être reproduite à son insu. La clé protégée se distingue ainsi de la clé non protégée qui peut être reproduite en toute simplicité, sans limite et sans autorisation de son propriétaire<sup>145</sup>.

### Composé organique volatil (COV)

Classe de composés chimiques comportant un ou plusieurs atomes de carbone et que l'on trouve à l'état gazeux à température ambiante. « *En général, le terme désigne des solvants organiques, certains produits ajoutés aux peintures, des distillats du pétrole, des produits de nettoyage à sec, et une foule d'autres produits industriels et de consommation. [...] De plus, certains COV sont dégagés naturellement par certaines plantes et arbres*<sup>146</sup>. »

### Composition spectrale

Elle représente la proportion des différentes longueurs d'ondes émises par une source lumineuse.

---

<sup>145</sup> Observatoire de la sécurité, 2012 [en ligne]

<sup>146</sup> Tétreault, 2003, p.144

## **Corrosion**

« La corrosion est la conséquence d'une altération entre le métal et son environnement. C'est un processus naturel dans lequel, l'état métallique, obtenu par procédés métallurgiques tend à retrouver son état énergétique naturel et plus bas : l'état minéral<sup>147</sup>. »

## **Désorption**

Phénomène inverse de l'adsorption au cours duquel un matériau solide relâche les molécules ou les atomes sorbés.

## **Dose minimale avec effet nuisible observable (DMENO)**

« Dose cumulée à laquelle les premiers signes des effets nuisibles d'un polluant (ou de la lumière) sont observés sur les propriétés d'un matériau<sup>148</sup>. » Habituellement, la DMENO d'un polluant se chiffre en  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{an}$  (microgramme par mètre cube et par an) et la DMENO de la lumière en  $\text{lx h}$  ou  $\text{Mlx h}$  (en lux heure ou en mégalex heure).

## **Échelle de laine bleue**

« Échelle certifiée comprenant huit morceaux de laine bleue ayant des résistances à la lumière différente<sup>149</sup>. »

## **Éclairage naturel**

« Éclairage dont la source lumineuse est la lumière naturelle (soleil)<sup>150</sup>. »

## **Éclairement**

« Effet résultant du flux lumineux sur une surface. Il se mesure en lux ( $\text{lx}$ )<sup>151</sup>. » On pourrait aussi schématiser en disant qu'il s'agit de la quantité de lumière qui frappe une surface<sup>152</sup>.

## **Fiche de données de sécurité (FDS)**

« La fiche de données de sécurité sert à fournir aux utilisateurs à titre professionnel ou commercial de substances dangereuses les données physico-chimiques, techniques de sécurité, toxicologiques et écologiques nécessaires à la manipulation de ces substances ainsi que des recommandations relatives à leur utilisation. Ces données sont indispensables pour prendre les mesures visant à protéger la santé, à assurer la sécurité sur le lieu de travail et à protéger l'environnement<sup>153</sup>. »

---

<sup>147</sup> Costa, 2001, p.20

<sup>148</sup> Tétreault, 2003, p.144

<sup>149</sup> AFNOR, 2014, p.6

<sup>150</sup> Ibidem, p.7

<sup>151</sup> Ezrati, 2002, p.139

<sup>152</sup> AFNOR, 2014, p.8

<sup>153</sup> Fiche de données de sécurité, 2015 [en ligne]

### **Gaz sulfureux oxydés**

« Composé sulfureux qui présente un atome de soufre à l'état d'oxydation de +4 ou +6<sup>154</sup>. »

### **Gaz sulfureux réduit**

« Composé sulfureux présentant un atome de soufre à l'état d'oxydation de -2<sup>155</sup>. »

### **Hygroscopique**

Qualifie un matériau qui a une grande affinité pour l'eau et qui est capable d'adsorber et de désorber de la vapeur afin de mettre en équilibre son taux d'humidité interne avec celui de l'air environnant.

### **Indice de rendu des couleurs (IRC)**

Indice permettant de mesurer la qualité de la lumière par rapport à la capacité d'une personne de bien distinguer les couleurs.

### **Matériau tampon**

« Matériau qui permet de maintenir un volume donné à une humidité relative donnée grâce à sa capacité d'adsorber et de désorber rapidement de la vapeur d'eau<sup>156</sup>. »

### **Objectif de préservation**

« Période de temps (en années) durant laquelle un objet ou une collection ne devraient courir aucun risque ou un minimum de risque. Cette méthode permet l'extrapolation de la concentration maximale des polluants pendant la période visée pour garantir un risque de détérioration minimale<sup>157</sup>. »

### **Permanent**

Qualifie la durée d'une exposition. En contexte muséale, une exposition permanente dure généralement de 5 à 10 ans<sup>158</sup>. A Magdenau, cette durée est susceptible de s'étendre au-delà, mais aucun chiffre n'est encore avancé.

### **Polluant**

Substance gazeuse, liquide ou solide qui peut interagir chimiquement ou physiquement avec les matériaux constitutifs des biens culturels et générer des altérations sur ceux-ci. « Les polluants parviennent aux objets par trois mécanismes : ils sont portés par l'air (polluants aéroportés), ils passent d'un matériau à un autre en un point de contact ou ils font partie intégrante du matériau<sup>159</sup>. »

---

<sup>154</sup> Tétreault, 2003, p.145

<sup>155</sup> Idem

<sup>156</sup> AFNOR, 2014, p.7

<sup>157</sup> Tétreault, 2003, p.146

<sup>158</sup> Blais et Gagnon, 2007, p.14

<sup>159</sup> Tétreault, 2003, p.147

## Résilience

Capacité d'un matériau à absorber de l'énergie quand il se déforme sous l'effet d'un choc.

## Serrure de sûreté

La « sûreté » désigne la partie intelligente de la serrure qui est capable de « lire » la clé afin d'autoriser ou non l'ouverture de la serrure. Elle a pour but de résister à une tentative d'ouverture forcée de la serrure, par un crochetage par exemple.

Il existe deux types de serrures : les serrures de sûreté intégrée dites « serrures à gorges » et les serrures à sûreté rapportée. Le premier type fonctionne sur un principe des garnitures mobiles dans un bloc intégré au boîtier de la serrure. Lors de la perte des clés, la serrure entière doit être remplacée. Le second type fonctionne au moyen de cylindres montés sur ressort ou sur pompe. Son boîtier est interchangeable sans devoir démonter entièrement la serrure, ce qui rend ce modèle plus vulnérable que le premier. La clé peut être mécanique ou électronique (fonctionnant au moyen d'un badge, d'un code, etc.)<sup>160</sup>.

## Sorber

« *Imbiber ou retenir par adsorption ou absorption*<sup>161</sup>. »

## Système polluant-matériau

« *Interaction entre un polluant précis et un matériau précis*<sup>162</sup>. »

## Taux de renouvellement d'air

Taux auquel l'air provenant de l'extérieur remplace l'air intérieur dans une vitrine<sup>163</sup>. On considère une vitrine étanche en dessous d'un renouvellement d'air par jour<sup>164</sup>.

## Température de couleur

« *Elle s'exprime en Kelvin (K) et traduit l'impression de couleur d'une source de lumière blanche.*

- *Impression colorée chaude : 2500 à 3500 K*
- *Impression coloré neutre : 3500 à 5000 K*
- *Impression colorée froide : 5000 à 7500K*<sup>165</sup> »

## Vêtue

Cérémonie catholique de la prise d'habit par un postulant à un ordre religieux.

---

<sup>160</sup> CNPP, 2009, p.344

<sup>161</sup> Tétreault, 2003, p.149

<sup>162</sup> Idem

<sup>163</sup> Ibidem

<sup>164</sup> Ibid., p.52

<sup>165</sup> Ezrati, 2002, p.45

## **Vénération**

Acte de respect, de dévotion et d'hommage envers un saint ou un martyr. À travers la vénération d'un Juste, le croyant admire l'œuvre de Dieu. Mais les saints sont considérés comme des créations de Dieu et ne peuvent pas être adorés au même titre que Dieu.

## **Zone d'aléa sismique**

Quatre zones d'aléa sismique caractérisent la Suisse. Ces dernières décrivent l'intensité et la probabilité d'occurrence d'un séisme.

- Zone 1 : fort séisme rare
- Zone 2 : fort séisme moins rare
- Zone 3 : fort séisme plus fréquent
- Zone 3b : fort séisme assez fréquent<sup>166</sup>

---

<sup>166</sup> Risques sismiques, 2013 [en ligne]



## Annexes

### Annexe 1 : photographies



Figure 27: reliquaire D064 vu de profil (avant traitement). ©HECR, S. Uldry



Figure 28: crâne du reliquaire D064 vu de face. ©HECR, S. Uldry



Figure 29: couvercle en dôme (après traitement). ©HECR, S. Uldry



Figure 30: reliquaire D064 après traitement (sans reliques). ©HECR, S. Uldry



Figure 31: reliques du reliquaire D070a. ©HECR, G. Zucchetti



Figure 32: reliquaire D070b vu de profil. ©HECR, G. Zucchetti



Figure 33: reliques D070a vu du haut. ©HECR, G. Zucchetti



Figure 34: tiare du reliquaire D064. ©HECR, S. Uldry



Figure 35: les trois vitrines existantes au Vestibule.  
©HECR, G. Zucchetti



Figure 36 : vitrine avec statue.  
©HECR, G. Zucchetti



Figure 37 une chambre historique visitée au couvent.  
©P. Lehmann



Figure 38: Prospectus à l'attention des visiteurs dans le Vestibule. ©HECR, G. Zucchetti





Figure 39: église, vue de l'orgue et des stalles (extrémité nord est). ©P. Lehmann



Figure 40: cérémonie religieuse à l'église.  
©Kloster Magdenau



Figure 41: autel de l'église du cœur de l'église.  
©HECR, G. Zucchetti



Figure 42: la chapelle latérale pour les paroissiens.  
©HECR, G. Zucchetti



Figure 43: vue de l'autel et de la sculpture argentée représentant l'assomption de la Vierge. ©Kloster Madgenau



Figure 44: orgue sur lequel a été posé le capteur climatique. ©HECR, G. Zucchetti



Figure 45: suspension lumineuse de l'église. ©HECR, G. Zucchetti



Figure 46: spots lumineux de l'église. ©HECR, G. Zucchetti

## Annexe 2 : plans

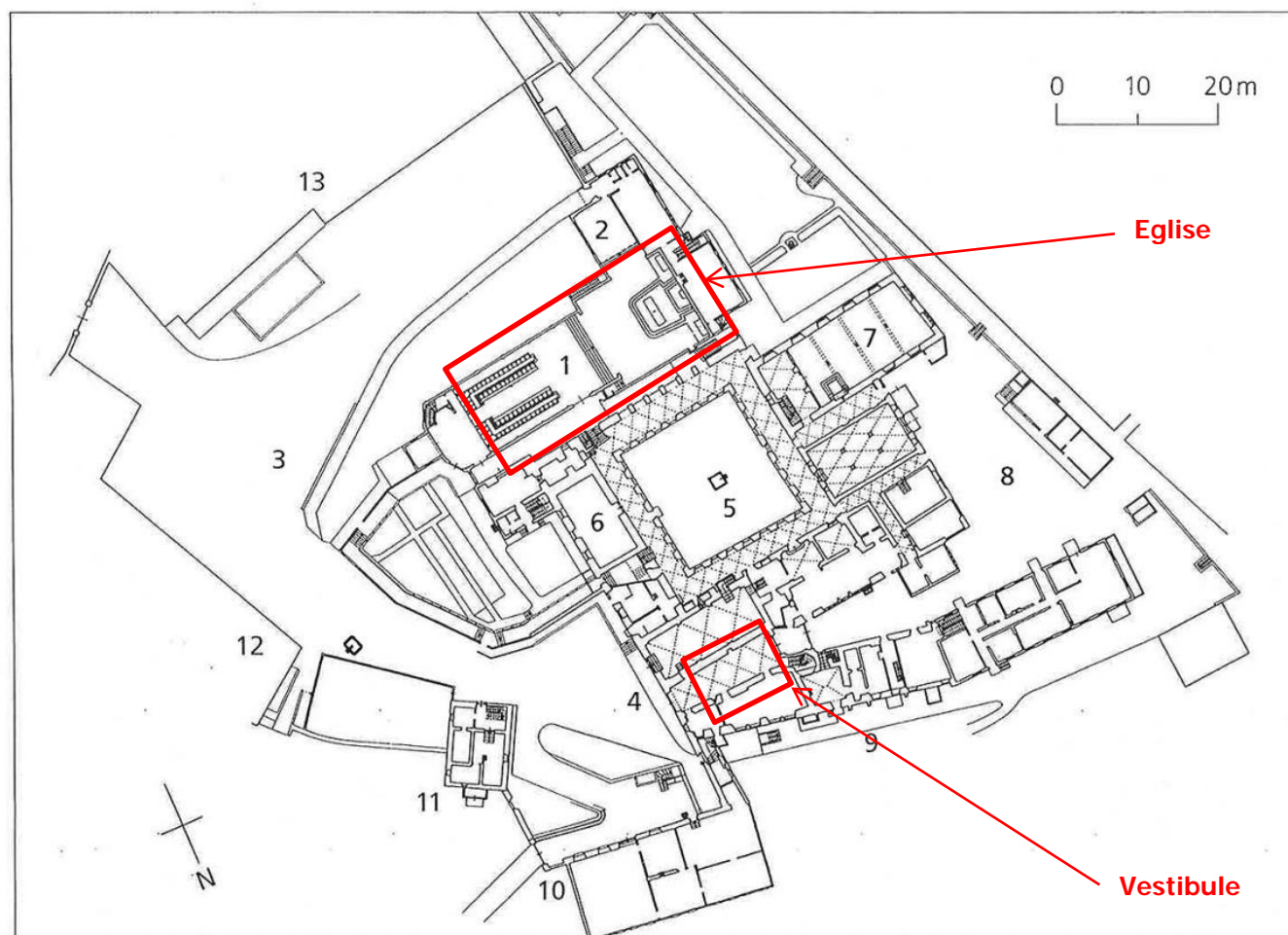


Figure 47: plan d'ensemble des bâtiments du couvent de Madgenau. ©Kloster Madgenau



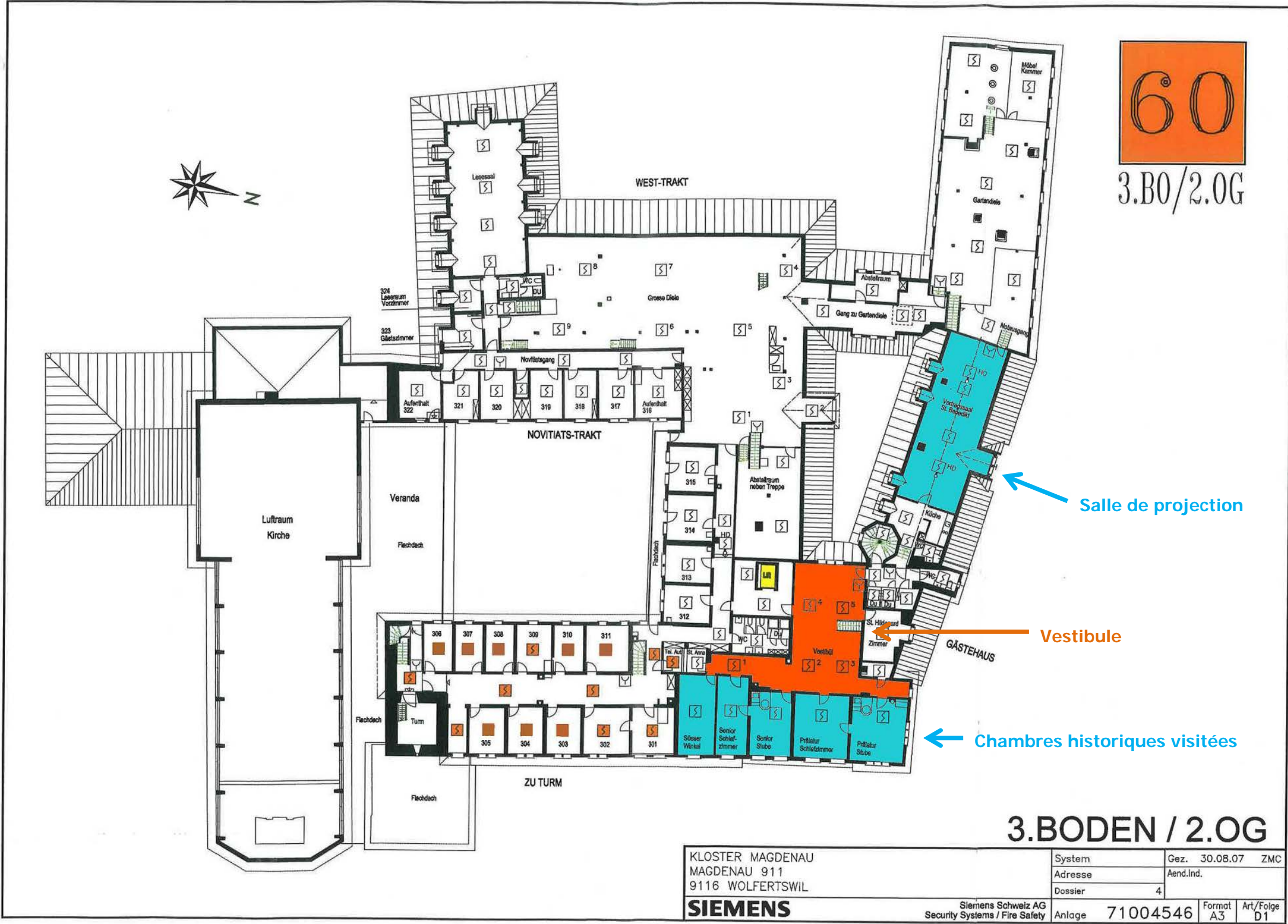


Figure 48: situation du Vestibule et des salles visitées au deuxième étage. ©Kloster Madgenau

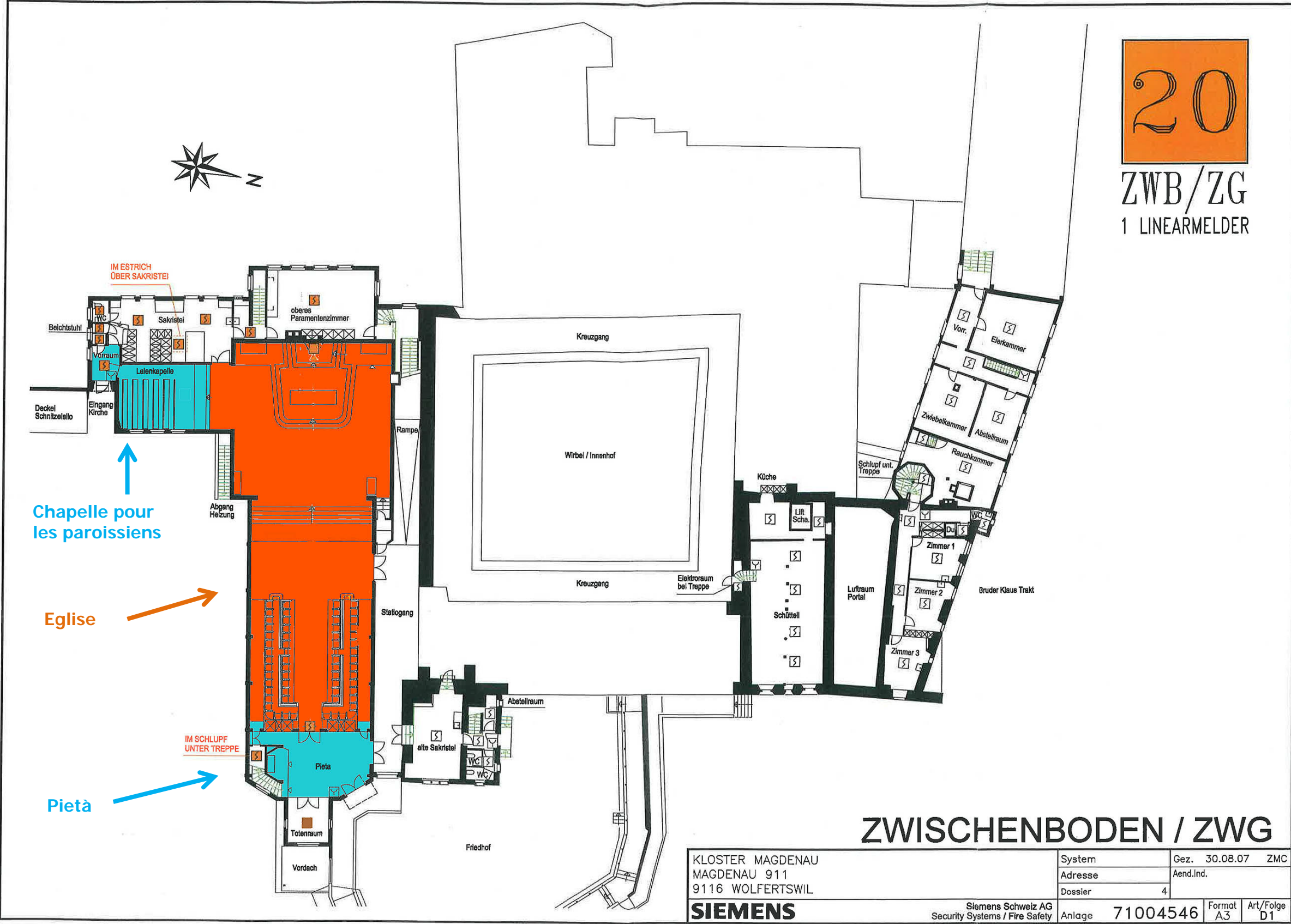


Figure 49: situation de l'église à l'entresol. ©Kloster Madgenau



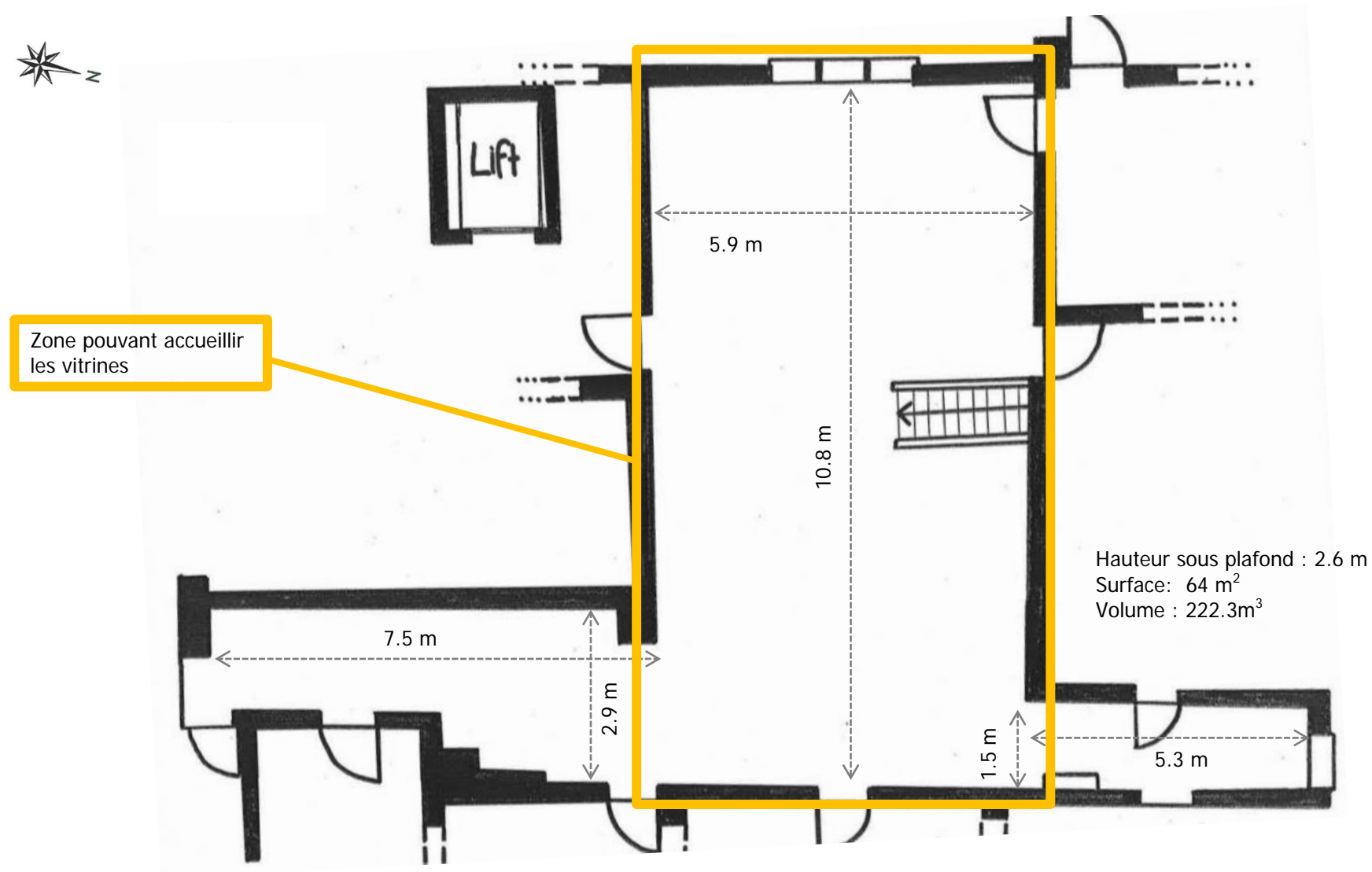


Figure 50 : dimensions et localisation de la zone destinée à l'installation des vitrines au Vestibule. ©HECR, G. Zucchetti

✖ Emplacement de mesure de la lumière et des UV

✖ Emplacement du capteur climatique

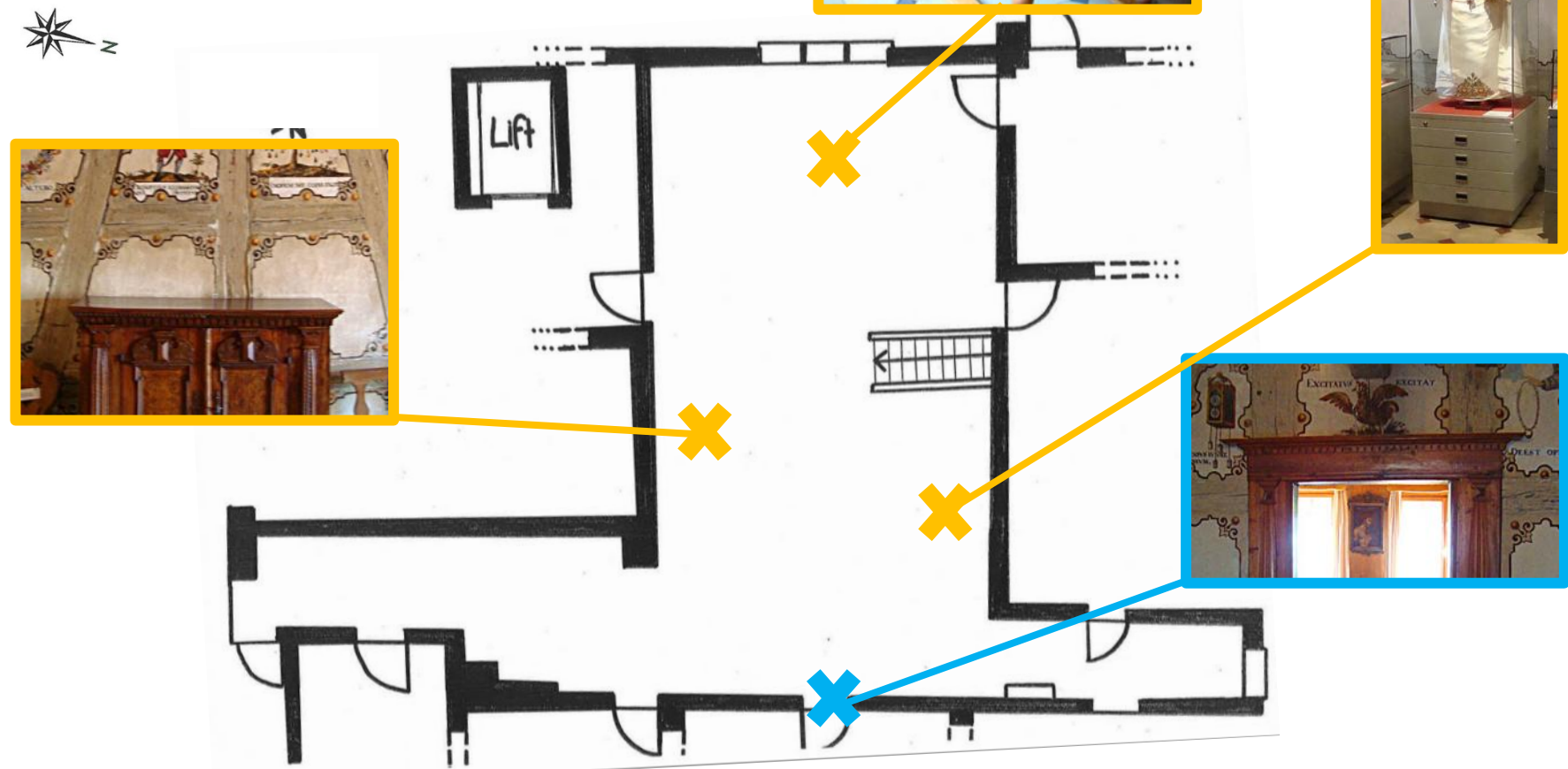


Figure 51: localisation du capteur climatique et des mesures de la lumière au Vestibule. ©HECR, G. Zucchetti

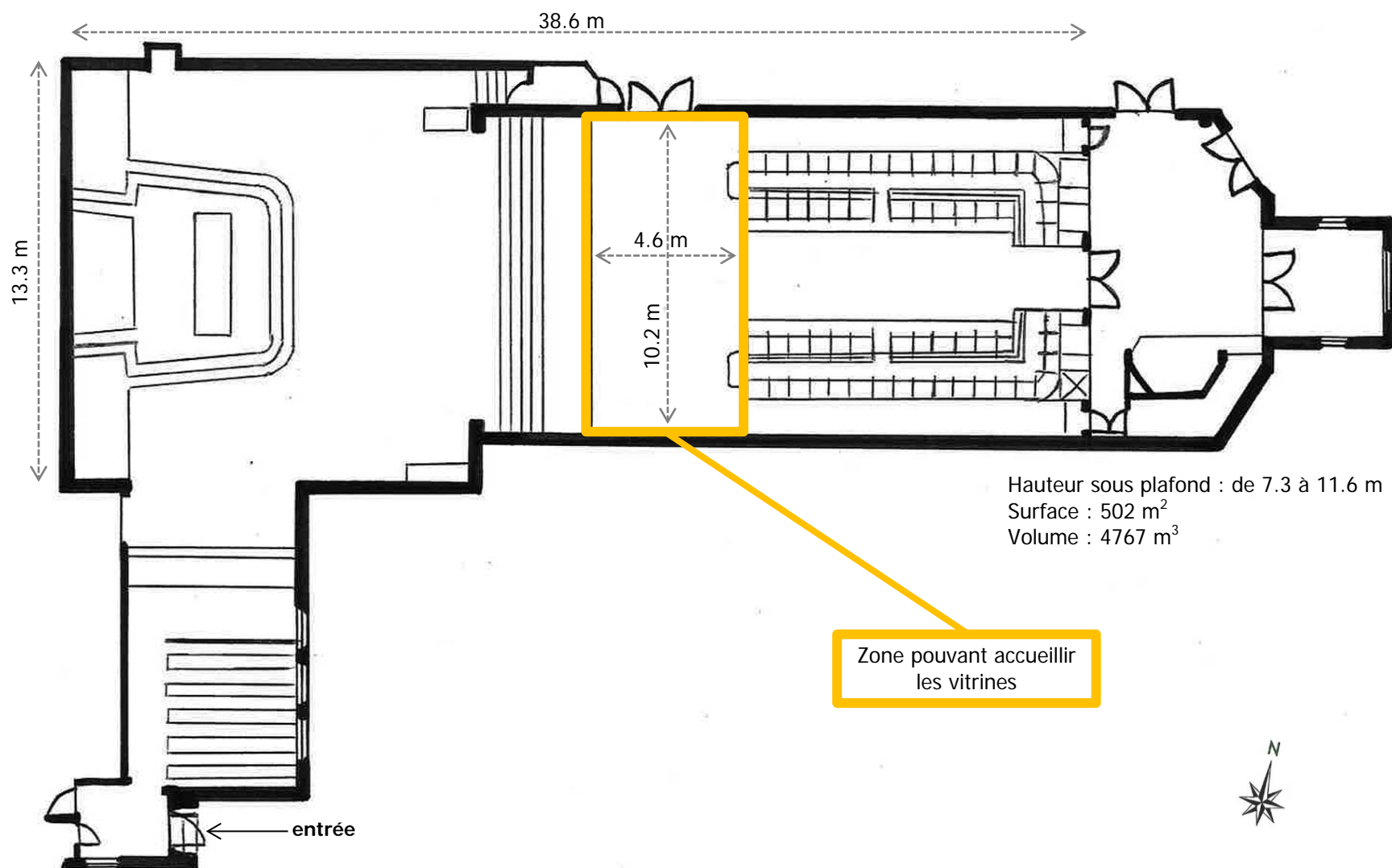


Figure 52: dimensions et localisation de la zone destinée à l'installation des vitrines à l'église. ©HECR, G. Zucchetti

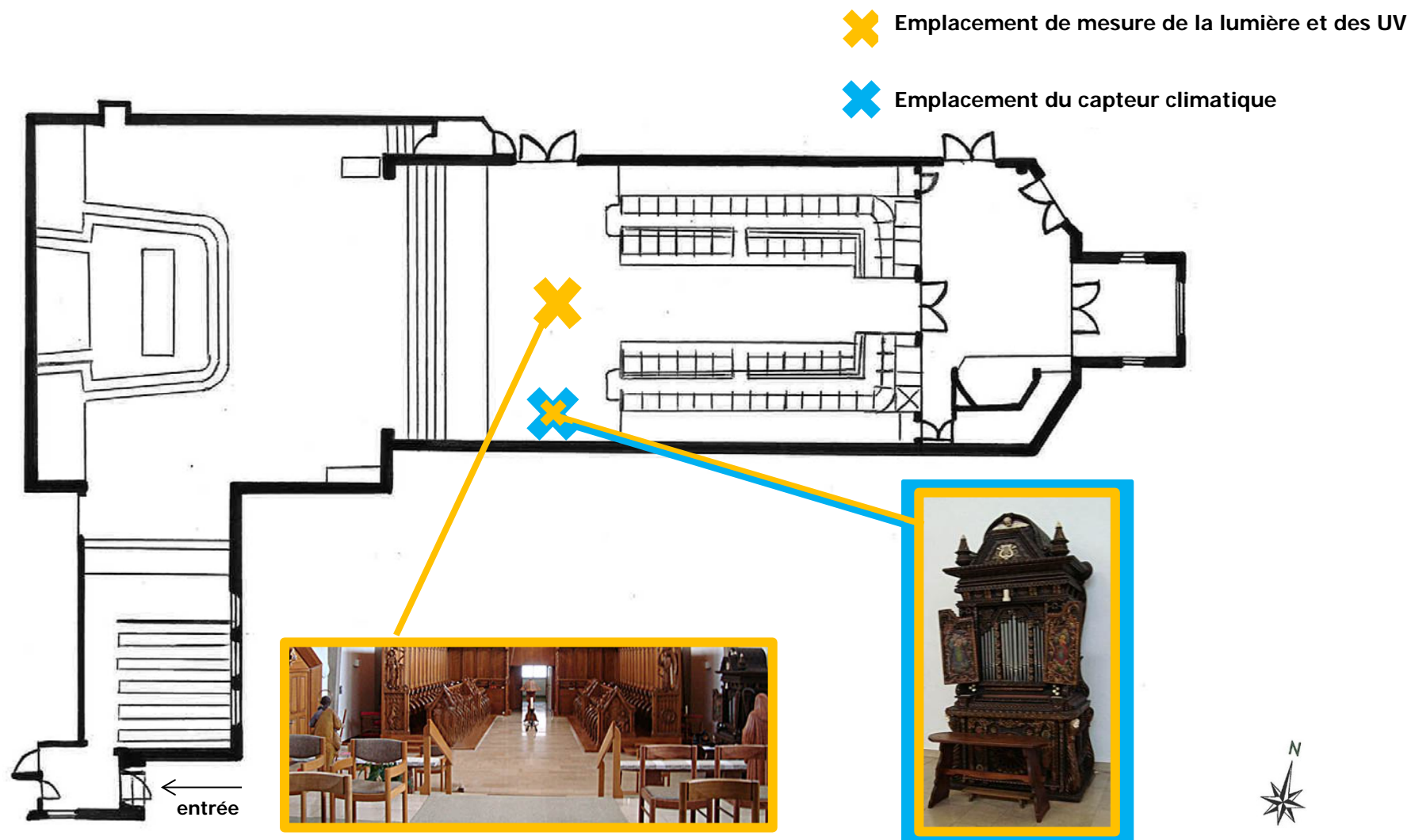


Figure 53: localisation du capteur climatique et des mesures de la lumière à l'église. ©HECR, G. Zucchetti

### Annexe 3 : schémas

---

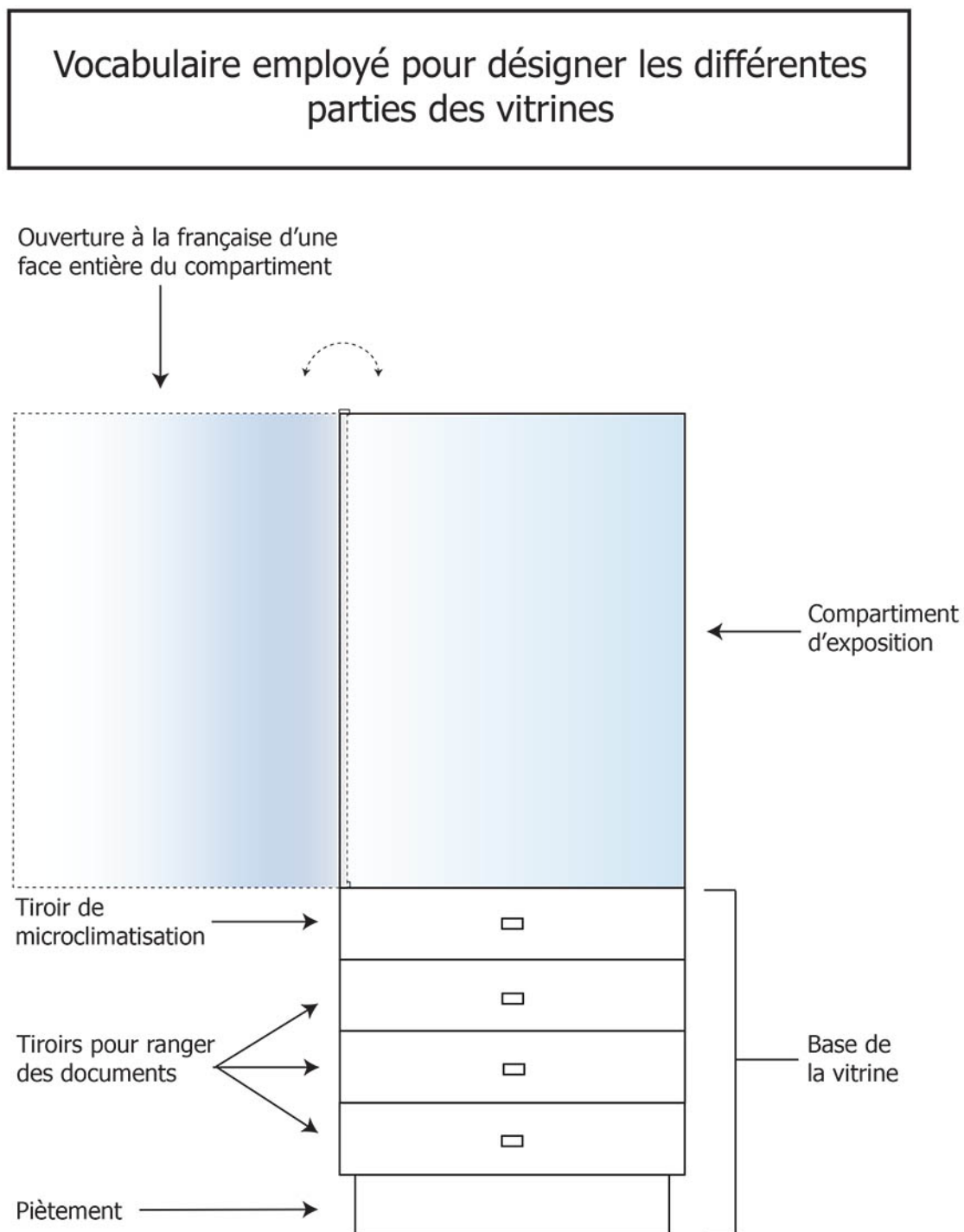


Figure 54: vocabulaire de la vitrine employé dans le cahier des charges. ©HECR, G. Zucchetti

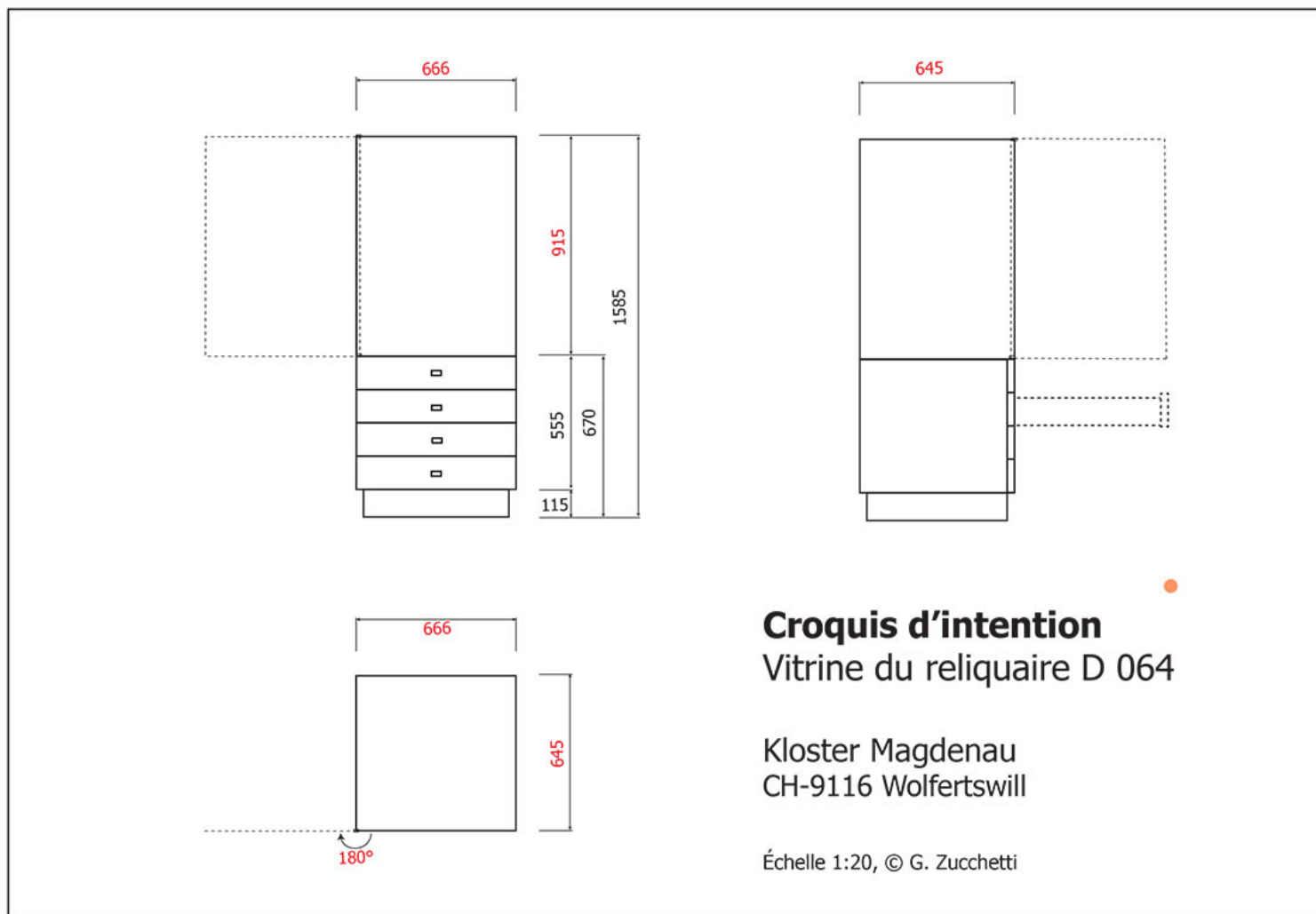


Figure 55: croquis d'intention de la vitrine du reliquaire D064. ©HECR, G. Zucchetti

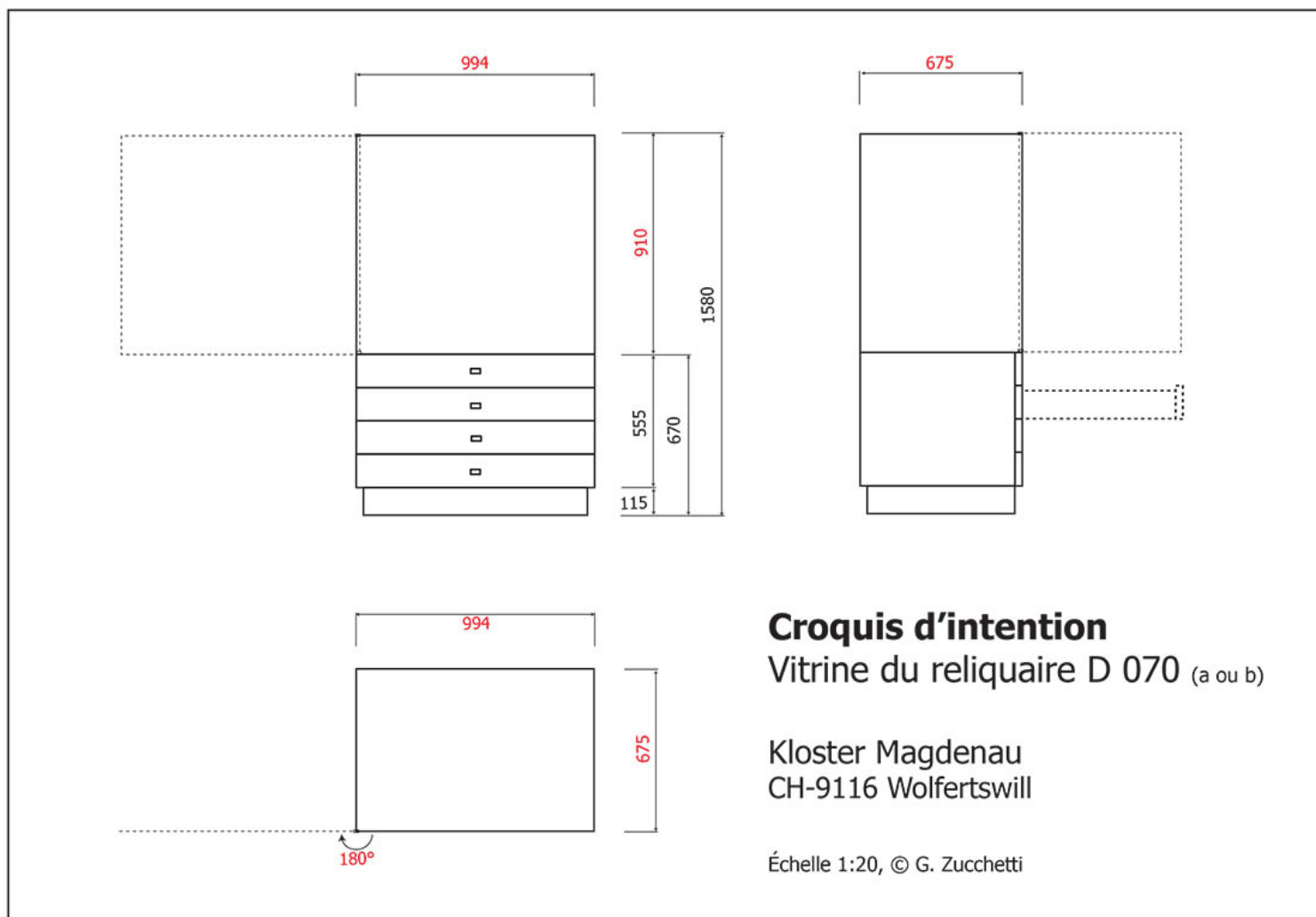


Figure 56: croquis d'intention de la vitrine du reliquaire D070. ©HECR, G. Zucchetti



## Annexe 4 : graphiques

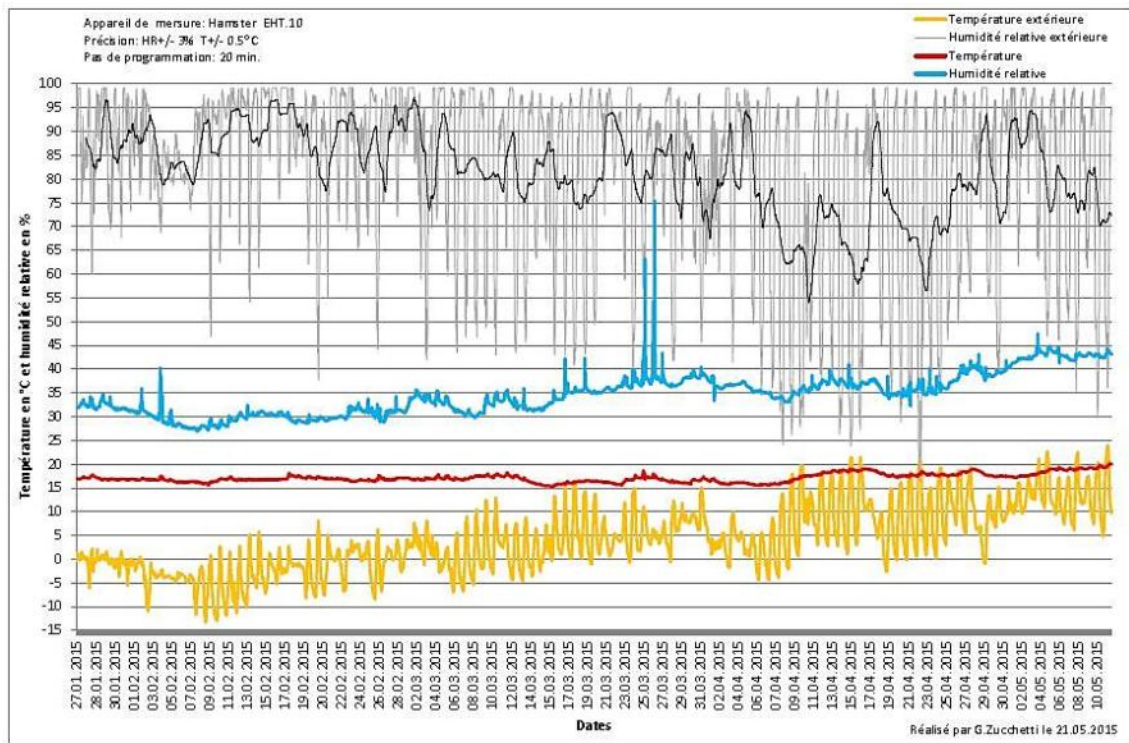


Figure 57: graphique des valeurs thermo-hygrométriques enregistrées au Vestibule et à l'extérieur. ©HECR, G. Zucchetti

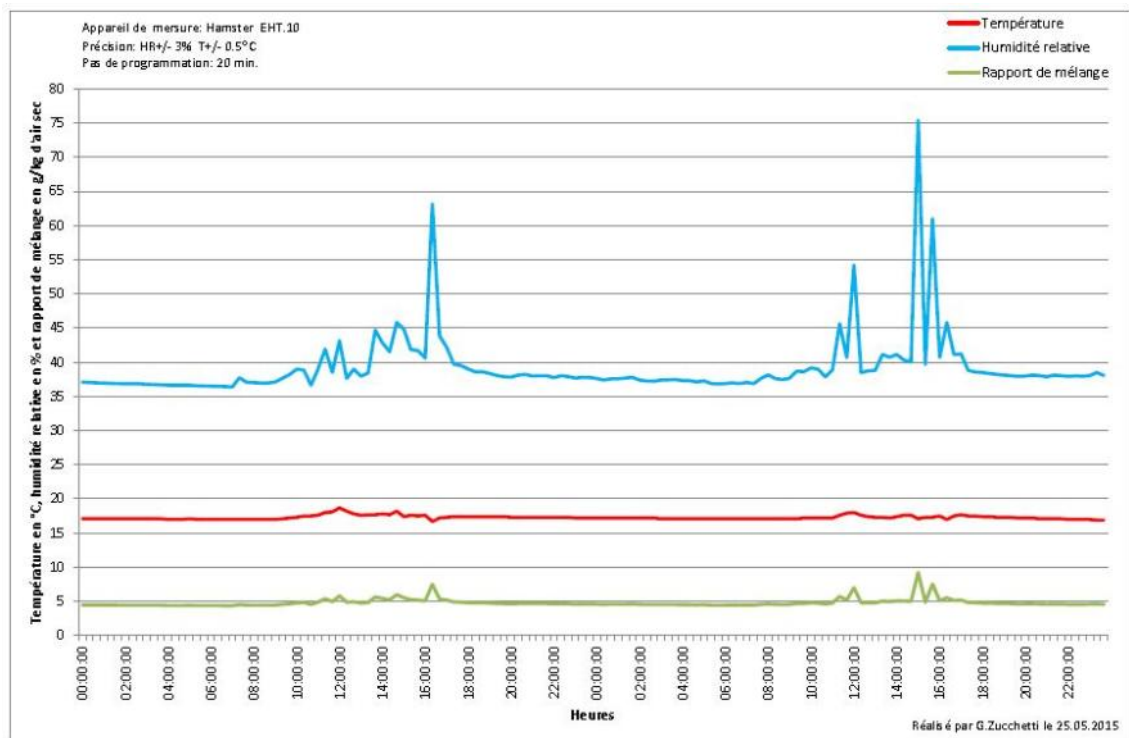


Figure 58: graphique des valeurs thermo-hygrométriques et du rapport de mélange au Vestibule du 25 au 26 mars 2015. ©HECR, G. Zucchetti



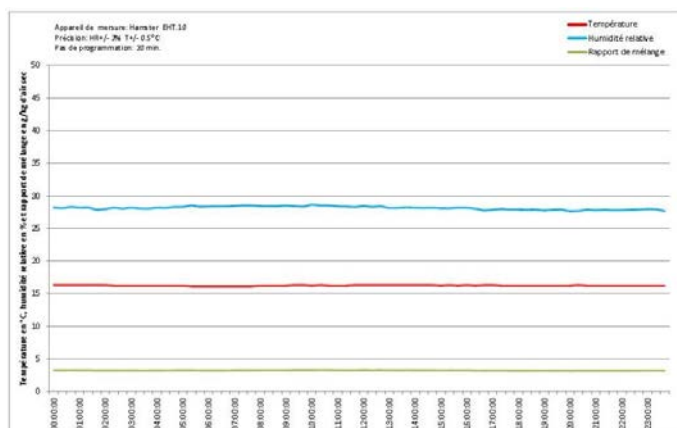


Figure 59: graphique des valeurs thermo-hygrométriques enregistrées au Vestibule le 6 février 2015 (1<sup>er</sup> vendredi du mois). ©HECR, G. Zucchetti

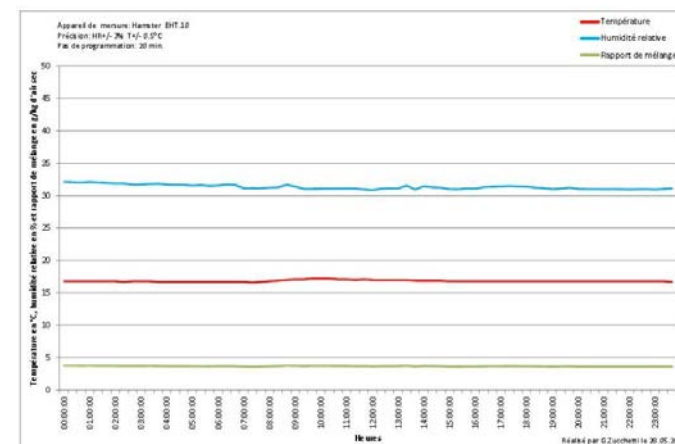


Figure 60: graphique des valeurs thermo-hygrométriques enregistrées au Vestibule le 6 mars 2015 (1<sup>er</sup> vendredi du mois). ©HECR, G. Zucchetti

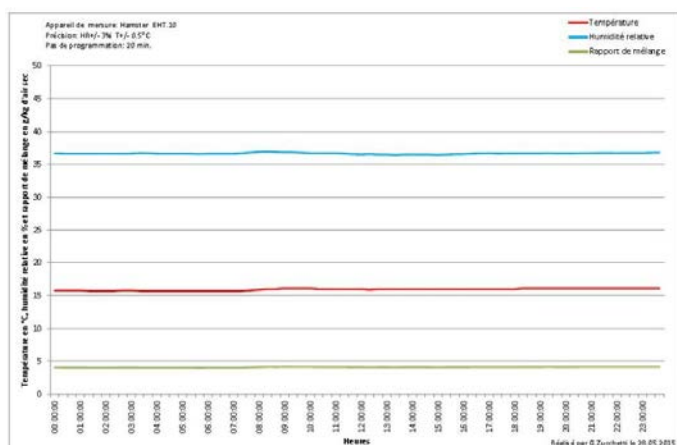


Figure 61: graphique des valeurs thermo-hygrométriques enregistrées au Vestibule le 3 avril 2015 (1<sup>er</sup> vendredi du mois). ©HECR, G. Zucchetti

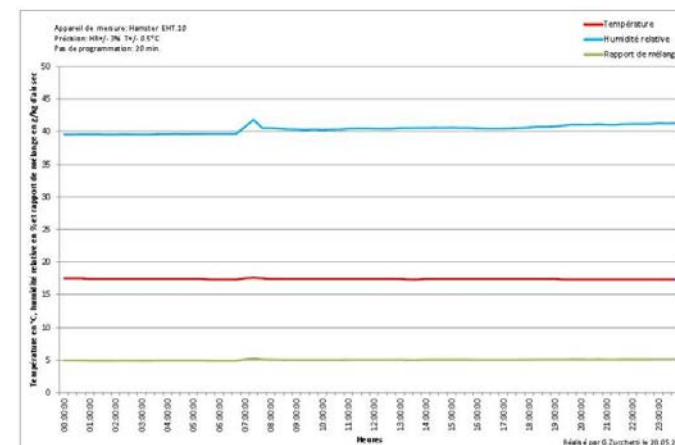


Figure 62: graphique des valeurs thermo-hygrométriques enregistrées au Vestibule le 1er mai 2015 (1<sup>er</sup> vendredi du mois). ©HECR, G. Zucchetti

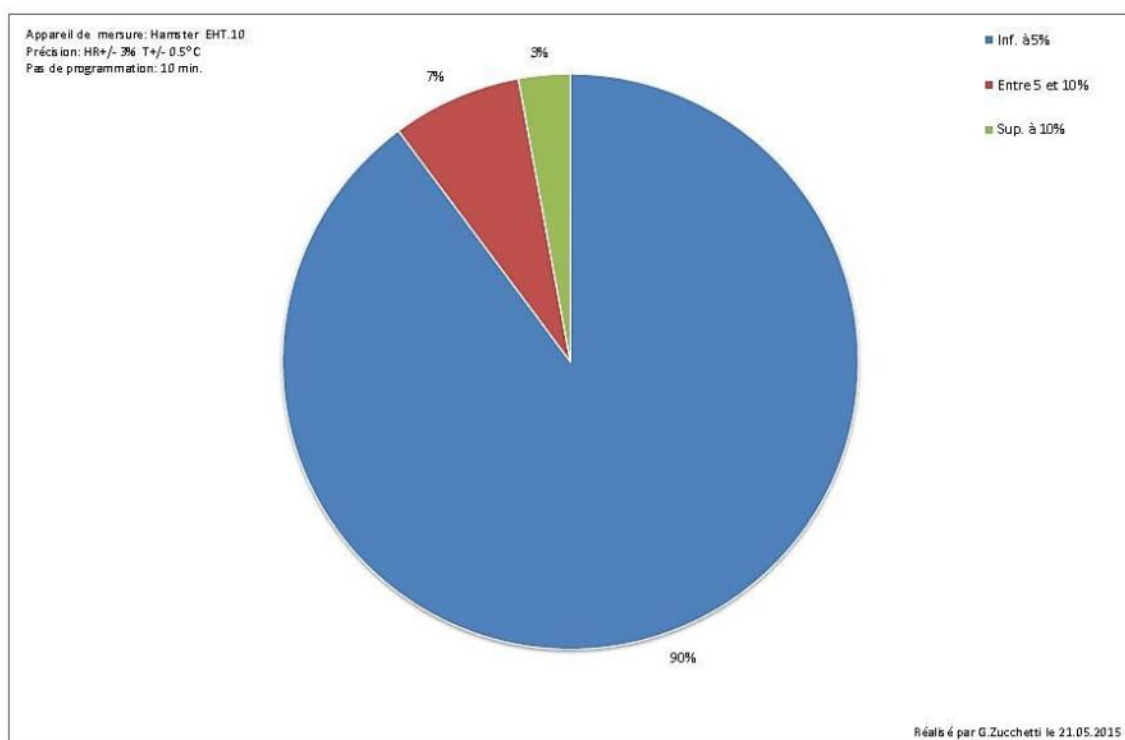


Figure 63: répartitions des fluctuations hygrométriques enregistrées au Vestibule. ©HECR, G. Zucchetti

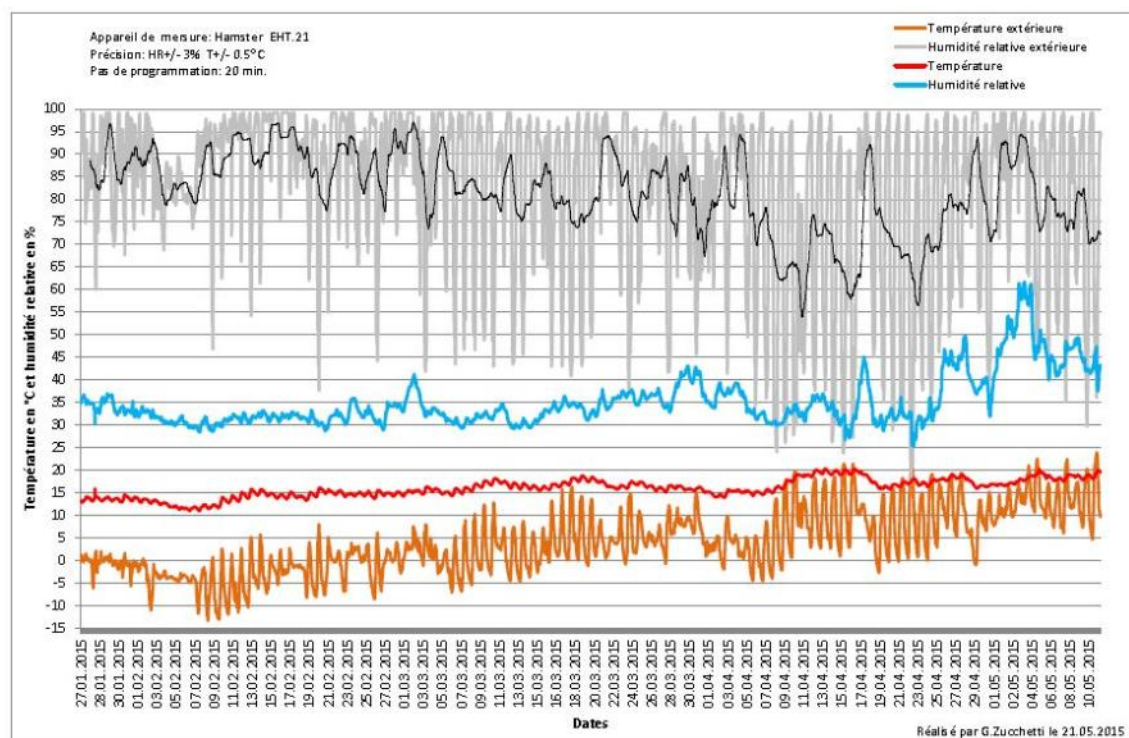


Figure 64: graphique des valeurs thermo-hygrométriques enregistrées à l'église et à l'extérieur. ©HECR, G. Zucchetti

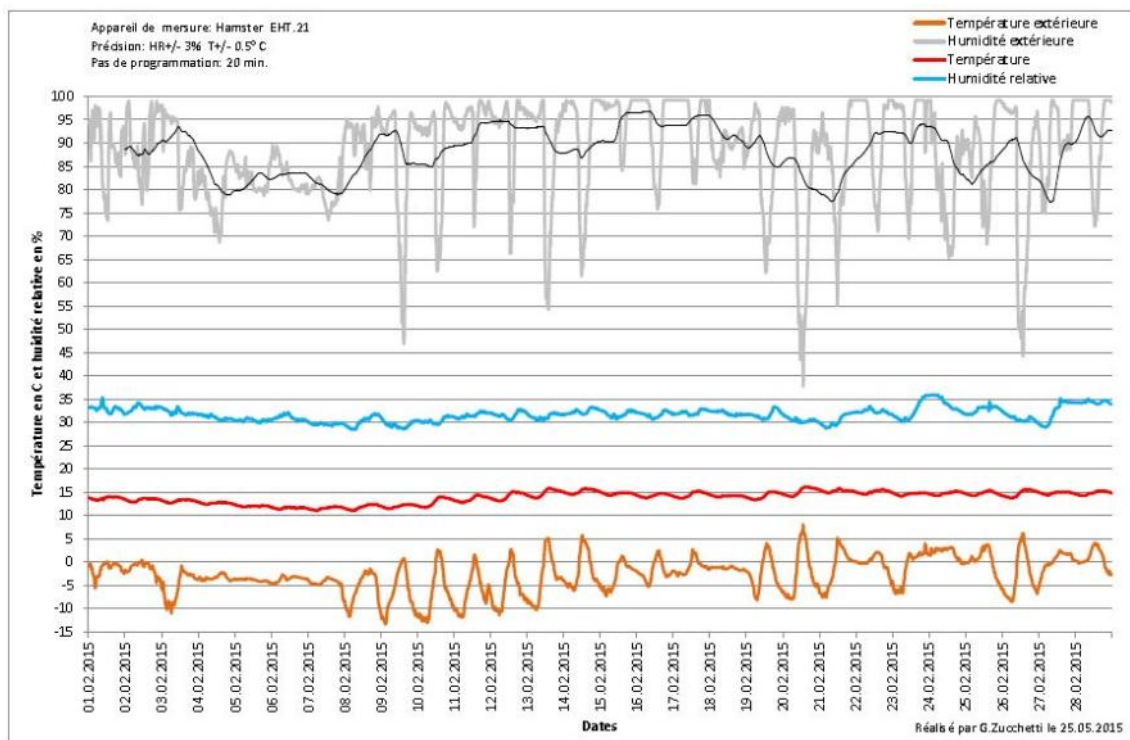


Figure 65: graphique des valeurs thermo-hygrométriques enregistrées à l'église et à l'extérieur du 1<sup>er</sup> au 28 février 2015. ©HECR, G. Zucchetti

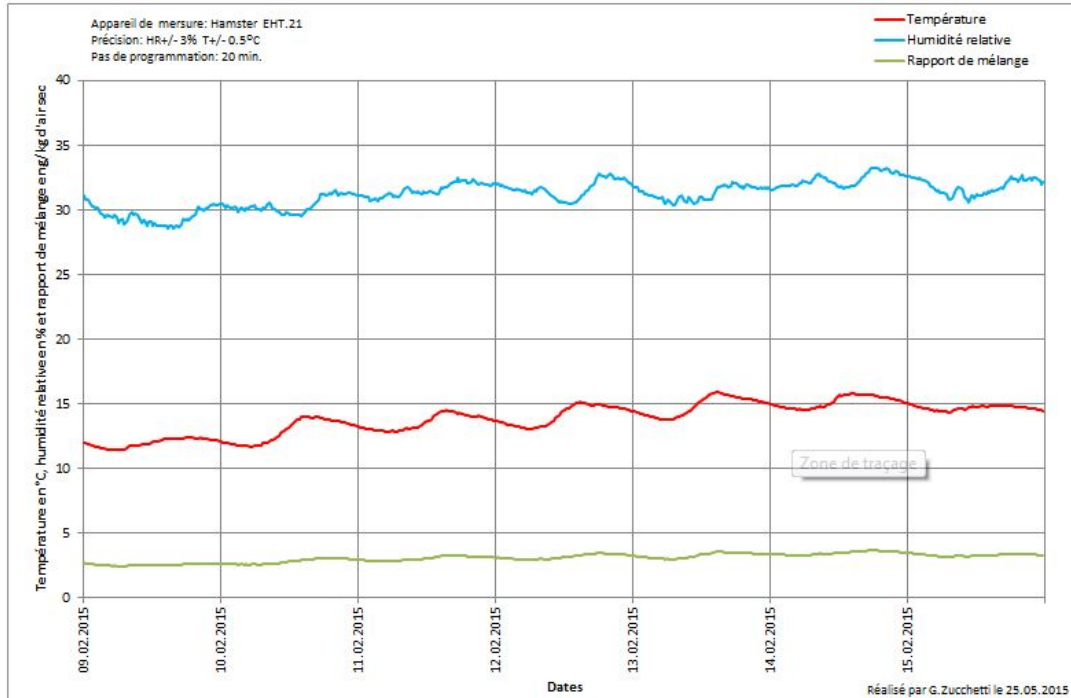


Figure 66: graphique l'évolution de la température, de l'humidité relative et du rapport de mélange dans l'église du 9 au 15 février 2015. Les barres verticales délimitent les journées et facilitent la lecture de cycles journaliers. ©HECR, G. Zucchetti

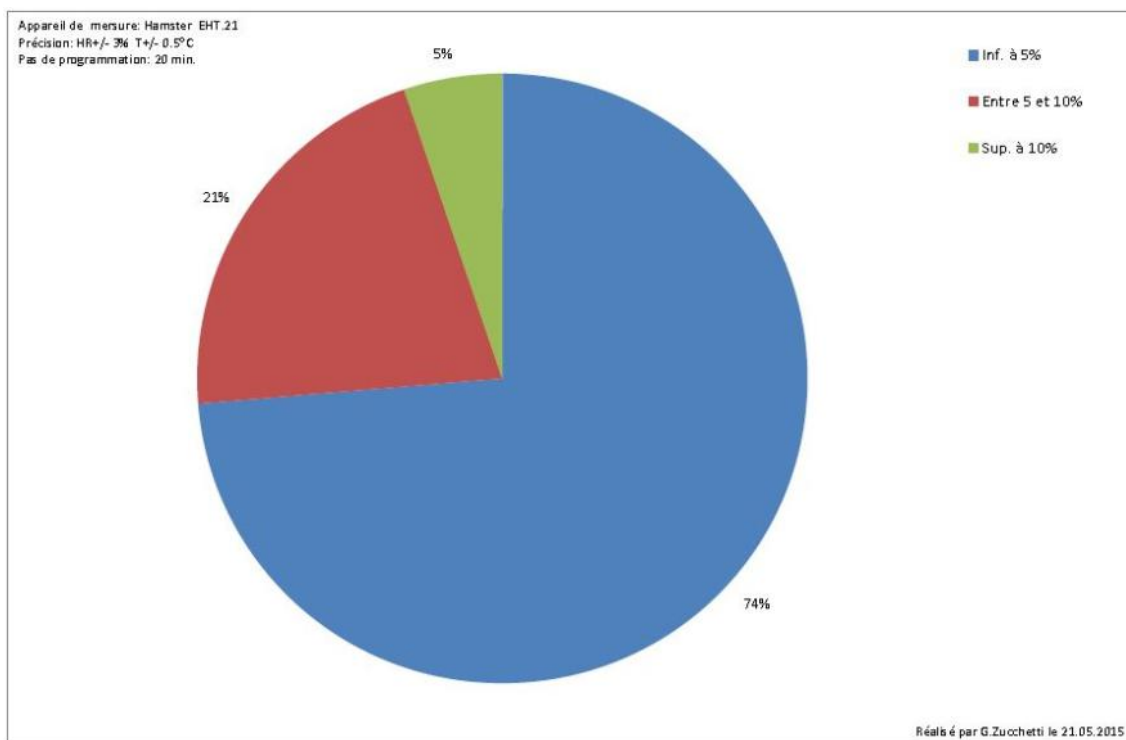


Figure 67: répartitions des fluctuations hygrométriques enregistrées à l'église. ©HECR, G. Zucchetti

## Annexe 5 : tableaux

Tableau 10: classification de biens culturels selon leur sensibilité à la lumière

Catégorie	Description du matériau
<b>1. Aucune sensibilité</b>	L'objet exposé est entièrement composé de matériaux <b>insensibles à la lumière</b> . Exemples : la plupart des métaux, la pierre, la plupart des verres, la céramique, l'émail, la plupart des minéraux.
<b>2. Faible sensibilité</b>	L'objet exposé comprend des matériaux durables <b>légèrement sensibles à la lumière</b> . Exemples : <b>la plupart des peintures à l'huile et à l'œuf</b> , les fresques, le cuir non teint, <b>le bois</b> , la corne, l'os, l'ivoire, la laque, certaines matières plastiques.
<b>3. Sensibilité moyenne</b>	L'objet exposé comprend des matériaux éphémères <b>moyennement sensibles à la lumière</b> . Exemples ; la plupart des textiles, les aquarelles, les pastels, les imprimés et dessins, les manuscrits, les miniatures, les peintures à la détrempe les papiers peints et la plupart des objets d'histoire naturelle comme les échantillons botaniques, les fourrures et les plumes.
<b>4. Haute sensibilité</b>	L'objet exposé comprend des matériaux <b>très sensibles à la lumière</b> . Exemples : la soie, les colorants connus pour être fugaces, la plupart des documents graphiques et photographiques.
Source : AFNOR, 2014 p.14	
En jaune : les matériaux se rapportant au bâti des reliquaires	

Tableau 11: catégories ISO de sensibilité des biens culturels à la lumière

Catégories ISO de sensibilité des biens culturels à la lumière	
Classification des matériaux	Échelle de laine bleue (Blue Wool Standard, BWS) ISO
1. Insensible	-
<b>2. Faible sensibilité</b>	<b>7 &amp; 8</b>
3. Sensibilité Moyenne	4, 5 & 6
4. Haute sensibilité	1, 2 & 3
Source : AFNOR, 2014 p.14	
En jaune : les matériaux se rapportant au bâti des reliquaires	

Tableau 12: directives sur l'éclairage pour les musées, les bibliothèques et les archives

Catégorie	DMENO	Objectifs de préservation <sup>a</sup>		
		1000 ans	100 ans	10 ans
Forte sensibilité ISO 1, 2 et 3	ISO 2 : 1.0 Mlx h <sup>b</sup>	50 lux pour 20 h/an	50 lux pour 25 jours/an 500 lux pour 25 h/an	50 lux pour 250 jours/an 500 lux pour 25 jours/an
Sensibilité moyenne ISO 4, 5 et 6	ISO 4 : 10 Mlx h	50 lux pour 25 jours/an 500 lux pour 20 h/an	50 lux pour 250 jours/an 500 lux pour 25 jours/an	340 lux pour 365 jours/an 500 lux pour 250 jours/an
Faible sensibilité ISO 7, 8 et plus	ISO 7 : 300 Mlx h	100 lux pour 365 jours/an 500 lux pour 75 jours/an	1000 lux pour 365 jours/an (500 lux/an pour un objectif de 200 ans)	/

Source : Tétreault, 2003, p.142

<sup>a</sup> : les illuminations admises sont basées sur une exposition à la lumière de 8 heures par jour et ne tiennent pas compte de l'effet des UV.<sup>b</sup> : Million lux heure

En jaune : les matériaux se rapportant au bâti des reliquaires

Tableau 13: récapitulatif des recommandations de conservation des matériaux des reliquaires

Matériau	Recommandations de conservation
Argent	Polluants: maintenir la concentration moyenne de H <sub>2</sub> S inférieure ou à égale à 0.003 µg/m <sup>3</sup> et la concentration moyenne de COS inférieure ou à égale à 4 µg/m <sup>3</sup> . Placer les reliquaires à l'abri de substances émettrices de chlore ou de soufre. Humidité relative : maintenir à un taux entre 40 et 50% <sup>167</sup> .
Bois peint	Humidité relative : éviter les valeurs inférieures à 30% et supérieures à 70%. Plage de conservation recommandée : entre 50 et 55% <sup>168</sup> avec une variation journalière maximale de 5%. Température : maintenir une température proche des 20°C <sup>169</sup> . Lumière et ultraviolet : éviter autant que possible l'exposition aux UV et les filtrer.

<sup>167</sup> Dandridge, 2005, p.6<sup>168</sup> McGiffin, 2002, p.13<sup>169</sup> Le soin des sculptures, 2011 [en ligne]

Bois peint	<p>Limiter l'exposition à la lumière.</p> <p>Protéger des insectes et éviter l'exposition au SO<sub>2</sub> et au NO<sub>2</sub>.</p>
Textiles	<p>Humidité relative : éviter les valeurs inférieures à 40% et supérieures à 70%. Plage de conservation recommandée : entre 50 et 55%<sup>170</sup> avec une variation journalière maximale de 5%.</p> <p>Température : maintenir une température proche des 20°C<sup>171</sup>.</p> <p>Lumière et ultraviolet : éviter autant que possible l'exposition aux UV et les filtrer.</p> <p>TLimiter l'exposition à la lumière</p> <p>Protéger des insectes et éviter l'exposition au SO<sub>2</sub> et au NO<sub>2</sub>.</p>
Os et dents	<p>Humidité relative : éviter les valeurs inférieures à 30% et supérieures à 60%. Plage de conservation recommandée : entre 30 et 55%<sup>172</sup>. Eviter les variations hygrométriques</p> <p>Température : conserver en dessous de 25°C<sup>173</sup>.</p>
Verre	<p>Plage hygrométrique recommandée : entre 40 et 55%<sup>174</sup></p> <p>Température : éviter les échauffements ponctuels de la surface du verre et les variations trop brusques ou trop amples.</p>
Fils métalliques	<p>Humidité relative : plage recommandée pour la conservation de l'alliage cuivreux : entre 35 et 55%<sup>175</sup>.</p> <p>Polluant : Placer les reliquaires à l'abri du SO<sub>2</sub> ainsi que de substances émettrices de chlore de composés organiques volatiles.</p>
Pour tous les matériaux et les reliquaires en général	<p>Eviter les variations d'humidité relative trop brusques ou trop amples. Ne pas exposer directement à la lumière du soleil pour limiter les altérations dues aux rayonnements infrarouges (échauffement), visibles et UV (décoloration et photo-oxydation).</p> <p>Maintenir la concentration moyenne de SO<sub>2</sub> et de NO<sub>2</sub> inférieure ou à égale à 0.1 µg/m<sup>3</sup>.</p> <p>Protéger de la poussière car elle est hygroscopique, qu'elle transporte des polluants, favoriser le développement de moisissures en attire les insectes.</p> <p>Manipuler précautionneusement les reliquaires en plaçant les mains en bas du coffre, éviter les chocs, les coups et les vibrations. Ne pas saisir les reliquaires au niveau des assemblages fragiles et des éléments de décoration.</p>

<sup>170</sup> Boersma, 2007, p.38

<sup>171</sup> Le soin des sculptures, 2011 [en ligne]

<sup>172</sup> Bone, Antler, Ivory and Teeth, 2009 [en ligne]

<sup>173</sup> Note de l'ICC 6/1, 2010 [en ligne]

<sup>174</sup> Alcouffe et Setton, 2001, p.96

<sup>175</sup> Notes de l'ICC 9/2, 2013 [en ligne]

Tableau 14: taux d'optimalité des données thermo-hygro-métriques enregistrées à Magdenau

Taux d'optimalité	Vestibule		Eglise	
	En jours	Pourcentage	En jours	Pourcentage
Température	49	47%	34	33%
Humidité relative	0	0.1%	7	6%
Température et humidité relative	0	0.1%	6	5%
Nombre de jours d'enregistrement totaux : 104				

Tableau 15: services religieux hebdomadaires à l'église

Heures	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
4h45	X	X	X		X		X
6h30				X			
7h00	X	X	X		X		
7h30	X	X	X		X		X
8h00							X
10h45							X
11h00	X	X	X		X	X	
16h00		X					
17h00	X	X	X		X		X
19h30	X	X	X		X		X
Nombre total de services : 33							

Tableau 16: principales sources du sulfure d'hydrogène, du sulfure de carbonyle, du dioxyde de soufre et du dioxyde d'azote

Polluant	Principales sources
Sulfure d'hydrogène (H <sub>2</sub> S)	<p><i>Sources naturelles</i> : activité géothermique et volcanisme, océans et marais (décomposition de matière organique), spécimens minéraux contenant de la pyrite, objets issus de milieux anaérobies</p> <p><i>Sources industrielles</i> : industries du pétrole et de papier, circulation automobile, combustion de carburant et de charbon</p> <p><i>Source anthropique</i> : les êtres humains (via la digestion), mais aussi la cuisine et certains aliments (les œufs ou la viande par exemple).</p>
Sulfure de carbonyle (COS)	<p><i>Sources naturelles</i> : dégradation de protéines, littoral océanique, marais, sol, terres humides (décomposition de matière organique), activité volcanique,</p>



Sulfure de carbone (COS)	croissance de moisissures. <i>Source anthropique et industrielle</i> : combustion du charbon, procédés industriels divers <sup>176</sup> , oxydation de mastic à base de polysulfure
Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )	<i>Sources naturelles</i> : dégradation de matériaux protéiniques ou d'espèces minérales contenant du soufre (pyrite), <i>Sources anthropiques et industrielles</i> : usines de pâtes et de papier, raffinerie de pétrole, combustibles d'origine fossile, huiles de chauffage, caoutchouc vulcanisé
Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )	<i>Sources anthropiques et industrielles</i> : circulation automobile, engrais agricoles, centrale d'énergie thermique, processus de production industriels variés <sup>177</sup> , chauffage au gaz, éclaircs, smog photochimique, dégradation du nitrate de cellulose. » Le NO <sub>2</sub> se forme en grande partie par l'action de l'ozone sur le monoxyde d'azote que dégagent les véhicules <sup>178</sup> .

Tableau 17: classification des matériaux de construction selon leur réaction au feu (RF) selon L'AEAI

Classe	Définition
RF1	Pas de contribution au feu
RF2	Faible contribution au feu
RF3	Contribution admissible au feu
RF4	Contribution inadmissible au feu
Source : <i>Directives de protection incendie pour les matériaux et éléments de construction</i> , 2015, p.5	

Tableau 18: classification des matériaux de construction selon leur comportement au feu selon L'AEAI

Degrés de combustibilité	Comportement au feu
3	Facilement combustible
4	Moyennement combustible
5	Difficilement combustible
5(200°C)	Difficilement combustible à 200°C
6q	Quasiment incombustible
6	Incombustible
Les matériaux qui s'enflamment très facilement ou se consomment très rapidement ne sont pas admis comme matériaux de construction (degré de combustibilité 1 et 2). Source : Classification selon l'AEAI sur les Matériaux de construction, 2015 [En ligne]	

<sup>176</sup> Hatchfield, 2002, p.9<sup>177</sup> Tétreault, 2003, p.8<sup>178</sup> Hatchfield, 2002, p.11

Tableau 19: classification des matériaux de construction selon leur degré d'inflammabilité selon l'Euroclasse

Classe	Définition
Classes A1 et A2	Produits pas ou peu combustibles
Classe B	Produits combustibles dont la contribution au feu est très limitée
Classe C	Produits dont la contribution au feu est limitée
Classe D	Produits dont la contribution au feu est significative
Classe E et F	Produits combustibles dont la contribution à l'embrasement généralisé est très importante
Source : Réglementation sur le Classement au Feu et la Réaction au Feu, 2010 [en ligne]	

Tableau 20: les classes réglementaires sur le comportement au feu des matériaux en France

Classe	Définition
M0	Inflammable
M1	Non inflammable
M2	Difficilement inflammable
M3	Moyennement inflammable
M4	Facilement inflammable
M5	Très facilement inflammable
Source : Réglementation sur le Classement au Feu et la Réaction au Feu, 2010 [en ligne]	

Tableau 21: équivalence entre le classement français et le classement d'Euroclasse

Classement M	Euroclasses – Classes selon la norme européenne EN 13501-1		
	Comportement au feu	Production de fumée	Gouttelettes enflammées
Incombustible	A1		
M0	A2	s1	d0
M1	A2	s1	d1
	A2	s2	d0
	A2	s3	d1
	B	s1	d0
s2		d1	
s3			

M2	C	s1	
		s2	
		s3	
M3	D	s1	
M4 (non gouttant)	D	s2	
		s3	
M4	Toutes les autres classes que E, d2 et F		
Réglementation sur le Classement au Feu et la Réaction au Feu, 2010 [en ligne]			

Tableau 22: calcul des dimensions minimales des compartiments d'exposition tenant compte du coefficient de manipulation des objets

Compartiment d'exposition du reliquaire	Hauteur en cm	Largeur en cm	Profondeur en cm
D064	$71.5 + 20 = \underline{91.5}$	$36 + 2 \times 15 = \underline{66}$	$34.5 + 2 \times 15 = \underline{64.5}$
D070a	$58 + 20 = \underline{78}$	$59.4 + 2 \times 20 = \underline{99.4}$	$35.7 + 2 \times 15 = \underline{65.7}$
D070b	$71 + 20 = \underline{91}$	$58.4 + 2 \times 20 = \underline{98.4}$	$35.4 + 2 \times 15 = \underline{65.4}$
Chiffre en jaune : les dimensions supplémentaires aux objets pour permettre leur manipulation Chiffre souligné : dimensions minimales pour le compartiment d'exposition			

Tableau 23: données en "couche" récoltées à Magdenau pour analyse des risques préliminaire

Observation		insectes / rongeurs		polluants		lumière, UV		T incorrecte		HR incorrecte		criminalité		forces physiques					
		+	-	arguments	+	-	arguments	+	-	arguments	+	-	arguments	+	-	arguments			
environnement																			
Implantation	Zone rurale, proche d'une forêt et de champs	-		zone rurale	+		peu de pollution due à la circulation.								+	hors zones sismiques, pas de glissement de terrain			
Climat	Type de climat, saisons	+		hiver moins d'activité				+	-	Climat tempéré mais saisons									
Périmètre proche	Arbres, jardin, cimetière, menuiserie	-		Arbre sous les fenêtres et jardin et cimetière accolés au bâtiment	-		Particules émanant de la menuiserie					+	-	Périmètre du couvent cloisonné et grille (effet dissuasif pour intrusion)	+	Petite route à côté peu fréquentée.			
enveloppe et bâtiment																			
Surfaces extérieures	Façades et toiture	+		Façades et toitures récentes et étanches.	+		Effet tampon contre pollution externe	+		Inertie thermique des matériaux et de l'épaisseur des murs	+		Effet tampon contre variations externe. Toiture et murs sains	+		Matériaux solides	+		Solidité des matériaux, construction récente
Accès, ouvertures et plan général	5 portes d'entrée, fenêtres sur toutes les faces, double vitrage	+		Fenêtres récentes et étanches				+		Fenêtres étanches, double vitrage	+		Fenêtres étanches	+	-	Plusieurs possibilité d'entrée. Plan interne compliqué ("labyrinthe")			
Equipement	Cheneaux, Chauffage, système de détection				-		Chauffage au bois				+		Cheneaux et gouttières sains	+		Grille aux fenêtres. alarme et détecteur de présence (lumière automatique) à l'extérieur			
Utilisation du bâtiment	Vie quotidienne et gestion des portes et clés				-		Occupation permanente du couvent cuisine.				-		Plusieurs installations sanitaires (salle de bain, douches, toilettes, etc.	+		Portes fermées à clé la nuit.			
salle: vestibule																			
Matériaux de construction	Pierre, bois, carrelage	-		Trous d'envols dans les poutres. Bois ancien et parfois humide: attire les insectes.							-		Signes de désordres internes liés à l'humidité				+	-	Matériaux stables, mais sol pas tout à fait plat partout
Ouvrants et connections	Salles adjacentes				-		Cuisine en dessous				+	-	Salles de bains adjacentes. Effet tampon des chambres historiques sur les varations extérieures	+		Zones difficile d'accès pour les non-hôtes.			
Habitudes et utilisation	Fréquentation , règles, ménage	+		Ménage régulier. Pas d'ouverture des fenêtres	+		Ménage régulier Pas d'ouverture des fenêtres	+		Pas de tubes fluorescents. Lieu de passage (lumière allumée peu souvent par détecteur de lumière)	+		Pas d'ouverture des fenêtres	+		Pas d'ouverture des fenêtres			
salle: église																			
Matériaux de construction et volumes	Béton, bois, pierre.										+		Pas de signes de désordres internes liés à l'humidité				+		Sol en pierre stable
Ouvrants et accès	Fenêtres, portes	+		Fenêtres en hauteur (à env. 6m.)				+		Fenêtres en hauteur (pas de lumière du soleil directe en bas de la salle)				+	-	Fenêtres en hauteur. Accès directe à l'extérieur via une chapelle pour fidèles.			
Habitudes et utilisation	Fréquentation , règles, ménage	+		Ménage régulier. Interdiction de manger ou de fumer.	-		Fréquentation régulière et quotidienne. Combustion de cierge quotidienne, parfois de l'encens	+		Pas de tubes fluorescent, lumières pas allumées systématiquement car pièce très claire.	-		Fréquentation régulière et quotidienne. Chauffage en hiver et partiellement en automne et au printemps	-		Fréquentation régulière et quotidienne	+		Grille fermée à clé entre chapelle pour fidèles et le reste de l'église . Ouverte que lorsque présence de religieuses dans la salle.

[illegible]

## Annexe 6 : documents complémentaires

---

### Technologie des reliquaires

Grâce à une documentation réalisée par une étudiante en Master à la HE-Arc<sup>179</sup>, les éléments de technologie présentés ci-dessous ont été révélés pour le reliquaire D064. Nous supposons qu'ils peuvent également s'appliquer aux reliquaires D 070a et D 070b.

Le bois des coffres provient d'une essence claire (non identifiée). La plupart des assemblages du bois sont mécaniques ou obtenus par collage au moyen d'adhésif d'origine animale. Le coffre a été peint en noir après l'assemblage des éléments en bois. Puis, il a été revêtu d'une huile d'entretien<sup>180</sup>. Le couvercle se fixe à la boîte au moyen de tenons et mortaises et de crochets. Le fond des coffres contient un trou taraudé de manière à assurer la stabilité du coffre sur un support lors des processions.

Grâce à une analyse en fluorescence des rayons X (XRF), nous savons que les éléments en argent sont constitués d'un alliage à environ 95% d'argent et 5% de cuivre. Ils ont été mis en forme par estampage, ou par moulage et coulage. Nous savons d'autre part que les couronnes sont constituées d'un alliage d'argent et de cuivre. Une dorure au mercure a été réalisée sur la couronne dorée. Les pièces de verroterie colorée sont du verre au plomb, dont la technique s'est répandue en Europe au 18ème siècle, ce qui laisse supposer que ces éléments décoratifs sont des ajouts tardifs sur les reliques.

Certaines perles sont constituées de nacre, d'autres, creuses, sont réalisées à partir de verre.

Les fils dorés sont des fils métalliques cuivreux argentés puis dorés. Dans certains cas, il s'agit de fils dorés enroulés autour d'une âme textile.

### Citations à propos du culte des reliques et de leur importance pour certains croyants.

Dans son œuvre « *Somme Théologique* » Saint Thomas d'Aquin rapporte les propos suivants de Saint-Augustin:

*« Il est manifeste que nous devons avoir de la vénération pour les saints de Dieu, qui sont les membres du Christ, les fils et les amis de Dieu et nos intercesseurs auprès de lui. Nous devons donc, en souvenir d'eux, vénérer dignement tout ce qu'ils nous ont laissé, et principalement leurs corps qui furent les temples et les organes du Saint-Esprit habitant et agissant en eux<sup>181</sup>. »*

---

<sup>179</sup> Uldry, 2015

<sup>180</sup> De l'huile de lin selon une analyse en spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR).

<sup>181</sup> Saint-Victor, 2003, p.47

Léon Bloy, romancier et essayiste français du 19<sup>ème</sup> siècle, adresse à sa fiancée ces paroles qui rendent très explicite l'attachement de l'Eglise romaine au culte des reliques :

*« La vénération des Reliques des saints, aussi ancienne que l'Église, t'embarrasse, ma chérie. Cependant, les objets qui ont appartenu, par exemple, à ton père te sont précieux. Si tu possédais une parcelle de ses ossements, tu l'enfermerais avec soin dans un coffret capitonné et tu regarderais quelquefois ce pauvre débris avec attendrissement. Pourquoi veux-tu que Dieu qui est l'Amour même ne se complaise pas dans les restes mortels de ceux qui furent ses grands amis sur la terre et qui partagent aujourd'hui sa gloire ?*

*L'Église romaine enseigne simplement que l'Esprit de Dieu, c'est-à-dire la Troisième Personne divine, réside sur la dépouille des saints, comme ces parfums puissants qui ne peuvent se détacher des objets qu'ils ont saturés, et, qu'à ce titre, la dépouille des saints mérite, non pas l'adoration, mais un culte d'honneur et de vénération profonde. Voilà tout. Je ne comprends même pas qu'une chose aussi naturelle puisse être sujet d'étonnement. Je donnerais ma vie pour baiser les os de Joseph dont il est parlé dans l'Exode, et je crois sur le témoignage de Dieu, que les plus grands miracles peuvent être opérés par de saintes reliques<sup>182</sup>. »*

### La corrosion atmosphérique l'argent en présence de soufre

Bien que l'argent soit considéré comme un métal noble, les surfaces en argents sont très réactives. Instables, les atomes d'argent en surface réagissent avec l'oxygène de l'air, formant une première pellicule d'oxydation temporaire (étape *b* sur fig.68).

Si une molécule de soufre réduit est disponible, une nouvelle réaction chimique a lieu et de nouvelles liaisons chimiques se forment entre deux atomes d'argent et un atome de soufre. Il en résulte la création d'un nouvel oxyde d'argent plus stable ( $\text{Ag}_2\text{S}$ ) et une molécule d'eau (étape *c* sur fig.68).<sup>183</sup>

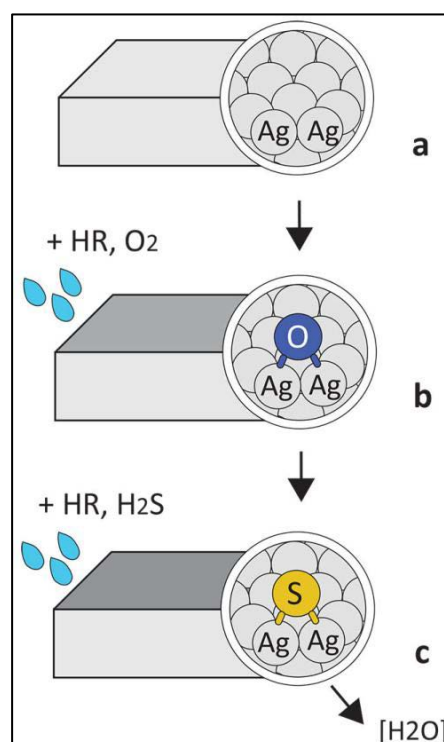


Figure 68 : schéma de la corrosion de l'argent par du soufre. ©HECR, G. Zucchetti (inspiré de Costa, 2001, p.5)

<sup>182</sup> Saint-Victor, 2003, p.53

<sup>183</sup> Costa, 2001, p.21

## **Explication du concept de la DMENO et son application aux reliquaires de Sainte-Théodora**

La détérioration d'un matériau par un polluant aéroporté est un procédé complexe impliquant plusieurs paramètres physiques et chimiques.

Pour évaluer les risques d'un *système polluant-matériau\**, Jean Tétreault propose de réduire le nombre de variables en jeu et de focaliser l'analyse sur la concentration d'un polluant donné et la durée d'exposition à celui par un matériau précis<sup>184</sup>.

Le produit de ces deux variables engendre le concept de dose ; or il s'agit bien de la dose, et non de la concentration qui engendre les altérations faites sur un objet par un polluant donné. Ce rapport est particulièrement perceptible dans le cas de dommages causés par la lumière<sup>185</sup>.

La DMENO exprime le rapport de la concentration d'un polluant sur une durée (en  $\mu\text{g}/\text{an}$ ) à partir duquel un effet nuisible observable apparaît sur un matériau précis. L'objectif de préservation désigne la durée (en année) à partir de laquelle on tolère l'apparition d'un changement sur un bien culturel. Le couvent a fixé cet objectif de préservation à 100 ans pour ses reliquaires.

En rapportant la DMENO à l'objectif de préservation du matériau en question, on peut jouer sur la concentration de polluant pour repousser l'apparition du dommage à un nombre d'années acceptable, comme l'illustrent les trois cas ci-dessous.

Nous avons ainsi cerné le rapport exposition-effet de l'argent avec le sulfure d'hydrogène ( $\text{H}_2\text{S}$ ) et le sulfure de carbone ( $\text{COS}$ ), ainsi qu'avec les matériaux organiques, le dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ) et le dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ).

### *Calcul de la concentration moyenne maximale du sulfure d'hydrogène*

La DMENO de l'argent vis-à-vis du  $\text{H}_2\text{S}$  qui est de  $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{an}$  pour une hygrométrie située vers 50%<sup>186</sup>. Ceci veut dire que si l'on est prêt à accepter un changement visible de l'argent à partir d'un an, la concentration moyenne en  $\text{H}_2\text{S}$  environnant ne devrait pas excéder  $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cependant, pour atteindre l'objectif de préservation de 100 ans, cette concentration devrait être ramenée à  $0.003 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3 \div 100 \text{ ans}$ ).

---

<sup>184</sup> Tétreault, 2003, p.21

<sup>185</sup> Ankersmit, 2000, p.8

<sup>186</sup> Tétreault, 2003, p.130



#### *Calcul de la concentration moyenne maximale du sulfure de carbone*

La DMENO pour le sulfure de carbone est de  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{an}$ <sup>187</sup>. Rapporté à l'objectif de préservation de 100, cela fait une concentration moyenne maximale de  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### *Calcul de la concentration moyenne maximale du dioxyde de soufre et du dioxyde d'azote*

Pour la plupart des matériaux de collections culturelles<sup>188</sup>, Jean Tétreault propose une DMENO de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{an}$ <sup>189</sup>, soit une concentration moyenne maximale de  $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le  $\text{SO}_2$  et le  $\text{NO}_2$ .

### **Calcul de la concentration moyenne de sulfure d'hydrogène ( $\text{H}_2\text{S}$ )**

#### *Au Vestibule*

Nous n'avons pas de mesures disponibles pour les concentrations de  $\text{H}_2\text{S}$  in situ, mais des mesures réalisées à l'intérieur d'un musée hollandais en zone agricole ont révélé des concentrations moyennes comprises entre  $0.05$  et  $1.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>190</sup>. Rappelons que la principale source de sulfure d'hydrogène identifiée à Magdenau sont les personnes, et qu'une personne émet en moyenne  $100\mu\text{g}$  par heure de  $\text{H}_2\text{S}$ . Le Vestibule est principalement fréquenté à l'occasion des visites mensuelles. A cette occasion, une trentaine de visiteur passe environ 45 min dans la salle. Ils dégagent alors  $2'250 \mu\text{g}$  de sulfure d'hydrogène dans le Vestibule. Rapporté au volume de la salle ( $222.3 \text{ m}^3$ ), cela représente une concentration de  $10.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{H}_2\text{S}$ . Nous ne connaissons pas la vitesse à laquelle cette concentration redescend, mais les fenêtres du Vestibule et des chambres historiques avoisinantes sont maintenues fermées, ce qui limite la ventilation de la salle.

Pour avoir une vision approximative de la concentration moyenne de sulfure d'hydrogène au Vestibule, considérons que sur un mois, la concentration moyenne est  $0.74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>191</sup> durant 29 jours et de  $10.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  durant un jour. Nous obtenons ainsi la valeur journalière moyenne de  $1.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### *À l'église*

L'église est fréquentée plusieurs fois dans la semaine, à raison de 33 services religieux hebdomadaires habituels. En moyenne, cela représente 4.7 services par jour d'environ 30 minutes chacun. Ainsi, la

---

<sup>187</sup> Tétreault, 2003, p.131

<sup>188</sup> Tétreault, 2003, p.67 C'est-à-dire sans les matériaux hypersensibles que sont l'argent, l'acétate de cellulose, le nitrate de cellulose, les bandes magnétiques en polyuréthanes, le caoutchouc naturel, les matières colorantes les plus sensibles et le plomb.

<sup>189</sup> Tétreault, 2003, p.33

<sup>190</sup> Ankersmit, 2000, p.9 L'étude montre que la concentration de  $\text{H}_2\text{S}$  varie avec les saisons.

<sup>191</sup> Nous avons pris la moyenne des concentrations mesurées au musée hollandais comme référence :  $(0.05+1.42)/2$

fréquentation quotidienne de l'église se chiffre environ à 2h20. Avec la présence de 16 personnes (15 religieuses et le prêtre), l'émission de  $H_2S$  dans la salle atteint 3'760  $\mu g$  par jour, soit une concentration moyenne de 0.79  $\mu g/m^3$ . Ce résultat est approximatif et ne tient pas compte de la présence de paroissiens à la messe hebdomadaire, ni de célébrations rassemblant de nombreuses personnes, comme Pâques ou Noël. Cependant, ils nous permettent de mieux apprécier la situation de l' $H_2S$  dans l'église.

### **Complément détaillé sur le risque lié aux insectes au Vestibule et à l'église**

Les fenêtres du Vestibule sont récentes et toujours fermées, ce qui limite la pénétration des insectes. En revanche, de nombreux trous d'envol dans les poutres en bois de la salle témoignent de leur présence et de leur possible menace pour les objets.

L'église communique davantage avec l'extérieur par ses fenêtres, mais également indirectement par un flux plus important de personnes qui peuvent véhiculer des insectes, larves, œufs, etc. De plus, cette salle possède quelques plantes vertes et de la nourriture y est régulièrement amenée.

Les températures rencontrées au Vestibule et à l'église sont favorables au développement de ces nuisibles (entre 4°C et 37°C<sup>192</sup>). Cependant, le ménage est fait régulièrement dans les deux salles, limitant la présence de poussière qui attire les nuisibles.

### **Recommandations et considération pour le remaniement de l'éclairage au Vestibule**

D'après l'Institut Canadien de Conservation (ICC), pour permettre la bonne lecture d'un objet aux surfaces sombres (comme les reliquaires) à des personnes de plus de 65 ans, un éclairage de 450 lx devrait être suffisant<sup>193</sup>, ce qui corrobore l'éclairage des vitrines existantes au Vestibule.

En milieu patrimonial, les trois grandes sources lumineuses employées sont les lampes incandescentes à filament de tungstène, les lampes incandescentes halogènes à filament de tungstène et les lampes à décharge. Les critères les plus importants dans le choix des sources lumineuses pour la présentation de biens culturels sont l'indice de rendu des couleurs (IRC), la température du couleur, la composition spectrale, le prix d'achat et l'efficacité lumineuse.

Les spécialistes de l'ICC recommandent une valeur minimum de 85<sup>194</sup>. Les lampes incandescentes sont excellentes à ce niveau avec un IRC de 100. Les lampes à décharge ont des IRC très variables de 50 (mauvais) à 95 (excellent)<sup>195</sup>. Pour donner une impression colorée neutre, la température de

---

<sup>192</sup> Florian, 1997, p.6

<sup>193</sup> Michalski, 2013b [en ligne]

<sup>194</sup> Idem

<sup>195</sup> Ibidem

couleur devrait être située entre 3500 à 5000 K. Les lampes incandescentes se situent entre 2700 et 3000 K et les lampes à décharge aux alentours de 3000K à 6500K.<sup>196</sup>

Les lampes à décharge sont économiquement plus intéressantes que les incandescentes en raison de leur coût d'achat plus bas<sup>197</sup>, de leur efficacité lumineuse plus élevée (50 à 100 lm/W) et de leur durée de vie plus longue (en moyenne 10'000 heures<sup>198</sup>). Cependant, employées sous forme de tube, leur esthétique est souvent discutée. De plus, elles émettent davantage d'UV que les lampes incandescentes<sup>199</sup>. L'un des inconvénients des lampes à incandescence est de générer de la chaleur.

Bien qu'elles soient un peu plus chères, les lampes halogènes devraient être préférées aux lampes à filament tungstène pour leur durée de vie plus longue (4000 heures contre 1000 heure<sup>200</sup>) et leur efficacité lumineuse meilleure (25 lm/W contre 15 lm/W<sup>201</sup>). Cependant, les lampes halogènes sont susceptibles d'émettre plus d'UV, mais il est possible de les munir de filtre anti UV<sup>202</sup>. Les rayons ultraviolets n'apportant pas de valeur ajoutée à la lecture des reliquaires, nous recommandons d'opter pour des sources lumineuses qui les excluent entièrement, de par leur composition spectrale ou au moyen d'un filtre anti-UV.

### Calcul de l'éclairage moyen dans l'église

L'église est éclairée naturellement et artificiellement tous les jours de l'année. La durée journalière d'éclairage naturel et artificiel (410 lx) est de 2 heures et 30 minutes par jour environ<sup>203</sup>. La situation où l'éclairage dépend uniquement de la lumière naturelle (350 lx) est de 5 heures et 30 minutes par jour<sup>204</sup>. On obtient alors un éclairage journalier moyen de 370 lx<sup>205</sup>.

### Complément détaillé sur le risque lié au vol et au vandalisme au couvent

Très peu d'actes de vol et de vandalisme sont prémédités, ils sont le plus souvent des faits opportunistes<sup>206</sup>. La situation isolée du couvent « *augmente les risques de vol et doit inciter à une vigilance accrue*<sup>207</sup>. » Cependant, elle est contrebalancée par la présence d'un poste de police à environ 5 minutes du couvent (à Flawil). Le périmètre du couvent est délimité par un muret dont la

---

<sup>196</sup> AFNOR, 2014, p.25

<sup>197</sup> Michalski, 2013b [en ligne]

<sup>198</sup> Idem

<sup>199</sup> Ibidem

<sup>200</sup> Ezrati, 2002, p.46

<sup>201</sup> Ibidem, p.47

<sup>202</sup> Michalski, 2013b [en ligne]

<sup>203</sup> Soit 4.7 services quotidiens d'une durée de 30 minutes chacun. Voir tableau en annexe 5 p.97

<sup>204</sup> En se basant sur 8 heures d'éclairage naturel quotidien moins les 2 heures et 30 minutes de services religieux.

<sup>205</sup>  $\frac{2.5 \times 410 + 5.5 \times 350}{8} = 368.75 \text{ lx}$

<sup>206</sup> Trémain, 2013 [en ligne]

<sup>207</sup> Rager, 2004, p.20

grille d'accès est fermée la nuit, empêchant ainsi l'accès aux véhicules extérieurs. De plus, un détecteur de mouvement extérieur lumineux met en évidence l'arrivée d'une personne ou d'un véhicule la nuit. Toutes les portes sont fermées à clés la nuit et l'entrée principale est mise sous alarme la nuit. Les fenêtres du rez-de-chaussée sont munies de barreaux, ce qui constitue une protection mécanique supplémentaire contre l'intrusion lorsque l'on sait que « *deux voleurs sur trois entrent par la porte... et le troisième par la fenêtre!*<sup>208</sup> ». Toutefois, l'on a déjà recensé des cas où des voleurs se sont introduits dans un édifice religieux en sciant des barreaux...<sup>209</sup>

Le Vestibule se trouve au 2<sup>ème</sup> étage, et sa situation au sein du bâtiment rend son accès compliqué, car le plan du couvent ressemble un peu à un « *labyrinthe* ». En revanche, il n'y a pas de présence humaine dissuasive dans cette salle ou les pièces alentours. Quant à l'église, il est possible d'y accéder directement depuis l'extérieur *via* la chapelle pour les paroissiens. La porte y est ouverte tous les jours à l'attention de ceux-ci, cependant, la chapelle est toujours séparée du reste de l'église par une grille. Cette dernière n'est ouverte que pour les messes. Nous serions enclins à penser qu'en raison de la fréquentation régulière de cet espace, l'église serait moins sujette à des actes de malveillance. Cependant, il a été montré que la plupart des vols ont lieu lors des périodes « creuses » de la journée, soit très tôt le matin, très tard le soir ou pendant la pause de midi<sup>210</sup>.

Les reliquaires sont peu susceptibles d'être la proie de « chasseurs de souvenirs » opportunistes, mais plutôt de personnes organisées, déterminées ou ayant une bonne connaissance du couvent et de ses habitudes. D'autre part, on ne peut pas exclure qu'une personne mal intentionnée ou instable psychologiquement s'en prenne aux objets à l'occasion d'une visite et malgré la présence du guide.

### Calcul de la quantité de gel de silice Prosorb® à employer dans les vitrines

La capacité tampon optimum<sup>211</sup> du gel de silice PROSorb® se situe entre 40% et 60%<sup>212</sup>, c'est-à-dire dans la plage hygrométrique souhaitée pour la conservation des reliquaires dans les vitrines. Ce matériau se présente sous forme de billes et est conditionné dans des caissettes. La quantité à employer se définit selon un calcul proposé par Weintraub<sup>213</sup>:

$$Q = \frac{(C_{eq}D)V(Nt)}{(M_H F)}$$

<sup>208</sup> Ibidem, p.23

<sup>209</sup> Vol d'une relique imprégnée du sang de Jean-Paul II, 2014 [en ligne]

<sup>210</sup> Rager, 2004, p.27

<sup>211</sup> Appelé « réservoir spécifique d'humidité » et traduit par la variable M en g/kg/%HR

<sup>212</sup> Selon le fournisseur *Long Life for Art*

<sup>213</sup> Weintraub, 2002, p.8

- Q** Quantité totale de gel de silice (g)
- C<sub>eq</sub>** Humidité absolue à saturation (pour la température moyenne de la salle) (g/m<sup>3</sup>)
- D** Différence en humidité absolue de la salle et humidité absolue de la vitrine
- V** Volume de la vitrine (m<sup>3</sup>)
- t** Durée d'efficacité de la régulation (en jour ou en durée de conditions hygrométriques défavorables en continue)
- M<sub>h</sub>** Capacité du gel de silice à tamponner l'humidité (g/kg/%)
- F** Fluctuation admissible de l'humidité dans la vitrine (%)

Tableau 24: quantité de PROSorb® selon la salle d'exposition et la vitrine

	Vestibule		Eglise	
Vitrine pour le reliquaire	D064	D070 (a ou b)	D064	D070 (a ou b)
Quantité de Pro-Sorb	1.363 kg	2.124 kg	0.966 kg	1.505 kg

Le volume des vitrines se base sur les dimensions minimales proposées au chapitre 5.10 pour les compartiments d'exposition ainsi que sur un tiroir de micro-climatisation de 8.5 cm de hauteur :

- D064 : 0.43m<sup>3</sup> (1.0m x 0.666m x 0.645m)
- D070 (a ou b) : 0.67m<sup>3</sup> (0.995m x 0.994m x 0.657m)

Évidemment, si ces dimensions sont modifiées lors de la conception des vitrines, il faudra adapter le calcul. Comme durée de régulation nous avons défini 6 mois (183 jours), une fréquence de changement du gel de silice qui nous paraît acceptable.

#### Fournisseurs de gel de silice PROSorb®

- Coplax AG** Chamerstrasse 174, CH-6300 Zug, <http://www.coplax.ch>
- Dry & Safe GmbH** Bahnhofstrasse 16, CH-4702 Oensingen, <http://www.trockenmittel.ch/>
- Lascaux Colours & Restauro** Barbara Diethelm AG, Zürichstrasse 42, CH-8306, Brüttisellen, <http://www.lascaux.ch/>
- Long Life for Art** Im Bückle 4, D-79288 Gottenheim, <http://www.cwaller.de>

## Calcul de la quantité de charbon actif à employer dans les vitrines

La quantité de charbon actif à employer dans une vitrine se définit selon le calcul suivant:

$$Q = \frac{(C_{ex}VN + ES)t}{(P C_{in})}$$

- Q** Quantité de sorbant recommandé (g)
- C<sub>ex</sub>** Concentration de polluants à l'extérieur de l'enceinte (µg/m<sup>3</sup>)
- V** Volume d'air net dans l'enceinte (m<sup>3</sup>)
- N** Nombre de renouvellement d'air par jour
- E** Taux d'émission du produit polluant à un endroit précis (µg/m<sup>2</sup>/jour)
- S** Surface exposée du produit émetteur (m<sup>2</sup>)
- t** Nombre minimal de jours pendant lesquels les concentrations de polluants dans l'enceinte doivent demeurer inférieures à C<sub>in</sub>
- P** Capacité tampon spécifique du sorbant (µg/g/ par µg/m<sup>3</sup>)<sup>214</sup>
- C<sub>in</sub>** Concentration maximale acceptables des polluants à l'intérieur de l'enceinte (µg/m<sup>3</sup>)

Tableau 25: quantité de charbon actif selon la salle d'exposition et la vitrine

	Vestibule		Eglise	
Vitrine pour le reliquaire	D064	D070 (a ou b)	D064	D070 (a ou b)
Quantité de charbon actif	1.836 kg	2.860 kg	1.381	2.152 kg

### Fournisseurs de charbon actif

**Reactolab SA** Route cantonale 10, CH-1077 Servion, <http://www.reactolab.ch/>

**Long Life for Art** Im Bückle 4, D-79288 Gottenheim, <http://www.cwall.de>

<sup>214</sup> Tétreault, 2003, p.59 La valeur de P du charbon actif est 7.5 pour l'absorption de H<sub>2</sub>S.